



TITLE:

VDT表示画面の評価(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

森本, 一成

CITATION:

森本, 一成. VDT表示画面の評価. 京都大学, 1994, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1994-03-23

URL:

<https://doi.org/10.11501/3075941>

RIGHT:

V D T表示画面の評価

平成 6 年 1 月

森 本 一 成

内 容 梗 概

コンピュータ技術の発展とともにV D T (Visual Display Terminal)のオフィスへの導入が飛躍的に進展し、事務作業の形態を急激に変えることとなった。コンピュータ導入により作業効率の上昇を見たものの、V D T作業と呼ばれるこの新しい形態の作業による作業者の健康障害が大きな社会的問題となった。健康障害の原因究明はV D T機器、作業環境、労務管理などさまざまな側面から行われているがまだまだ残された問題も多い。V D T作業による健康障害は単に身体的だけでなく、心的にも存在することがこの問題を複雑にしており、V D T作業に関連する種々の条件を作業者の生理的、心理的側面から検討する必要に迫られている。また今後もオフィスへのV D T導入はさらに続くと予想され、快適な作業環境を実現するためにも作業負担の低減に関する研究が要求されている。

本研究はこのような要求のもとに開始されたもので、その目的はV D T作業負担の軽減に寄与するV D T表示画面の条件を明らかにすることである。本論文は、V D T画面の輝度や色(文字と背景)が作業者に与える心理的、生理的な影響について評価するとともに、作業負担評価法の1つであるC F F (臨界融合周波数)の測定法について行った研究成果をまとめたものである。

第1章では、V D T作業と健康に関する国内外の研究を概観し、V D T作業の負担要因と負担の評価指標に関する研究について述べ、特に本研究に関連した研究の問題点を指摘し、本研究の目的と意義を述べた。本研究の成果は社会問題化しているV D T作業者の健康問題を解決するのに役立つのみならず、人間中心の情報伝達システムの設計にも有用であることを指摘した。

第2章では、作業負担を評価するためのC F Fの測定法について検討し、主観的負担感との関連について検討した。C F Fの測定法については作業負担の検出力と測定精度を評価のパラメータとした。C F Fの測定方法としては調整法、極限法および恒常法を、測定条件としては検査光光源の輝度、大きさ(視角)、色および単眼・両眼C F Fを検討対象とした。その結果、極

限法が一番精度の高いこと、検査光光源の輝度は500 cd/m² 付近、光源の大きさは視角1°、視角0.5°がよいこと、検査光光源の色については緑、赤、黄のいずれでも、また、単眼CFFと両眼CFFのどちらでも検出力や精度に顕著な差はないことを明らかにした。

次に、VDT作業による負担の主観評価値とCFF測定値の変動率（客観的評価値）との間の相関を検討し、CFFは精神疲労、自律神経失調および眼精疲労に関する自覚症状との相関が高いことを明らかにした。また、長時間作業による負担の程度を主観的ならびに客観的評価し、作業時間長の違いによる負担の程度と回復の早さを定量的に確認した。

第3章では、英文字の認知が文字色（緑、白、赤）や罫線（白）によってどのような影響を受けるかを検討し、文字に罫線を付加するよりも、背景と文字の色を違えた方が明らかに読取りが速く、カラー文字表示がモノクローム表示に比べて可読性の点で有利であることを示唆する結果を得た。

次に、漢字表示とカタカナ表示の読みやすさについて比較検討し、漢字文はカタカナ文より読取りが速く、読取りの正確さにおいても優れていること、読取りによる負担の程度も漢字文の方が小さいことを明らかにした。

第4章ではVDT画面の陰画表示（暗い背景に明るい文字）と陽画表示（明るい背景に暗い文字）の両表示モードに対して、作業をするのに好ましい文字輝度と背景輝度を求めた。その結果、好ましい文字輝度（陰画表示）と背景輝度（陽画表示）はともに約30 cd/m²であることを明らかにした。また、文字色の補色残像の持続時間を測定した。呈示色にかかわらず色残像持続時間は注視時間と比例関係にあり、赤に対する持続時間はその他の色の場合よりも20～30秒長く、また色残像持続時間は輝度とも比例関係にあるが、持続時間の長さは被験者により大きく異なった。輝度をなるべく低くする方が残像は残りにくいが、見やすさとの関係もあるためあまり低く出来ない。これらを考慮し結論として、好ましさの評価により得られた輝度値30 cd/m²がよいことを指摘した。

第5章では、文字色と背景色の組合せについてどちらの表示モードの方が

主観的に好ましいかをThurstoneの一対比較法により求め、好みの評価は陰画表示の方が陽画表示よりも高いことを明らかにした。次に、SD（意味微分）法を用いてVDT表示色の印象の意味構造を解析し、表示色の好ましさの心理要因を分析した。表示色の評価因子は好ましさ、華やかさおよび文字の見やすさの3因子であること、好ましさの因子は親密性、快適性、作業性、疲労感および文字の見やすさの5要因から成ることが判明した。さらに、表示モードの違いによる作業負担の差について検討し、陽画表示の方が陰画表示よりも負担の小さいことが明らかになった。

第6章では、陽画表示画面の白背景色の好みに関する主観評価実験を行い、最適な白色について検討した。好ましさの評価は評定尺度法と調整法で行い、いずれの評価法においても作業をするのに好ましい背景色は相関色温度約8000 Kの黒体軌跡付近の白であることを明らかにした。一方、作業により好みの白は黒体軌跡に沿って低下の傾向を示すが、その低下の程度は小さいことを明らかにした。さらに、VDT作業者が表示色から受ける印象、作業負担および作業能率の3つのパラメータについて総合的に最適表示色を検討した。作業により好ましさの印象は低下する傾向を示したが、全被験者に共通して低下量の小さい表示色は見出せなかった。また長期間作業を重ねるにつれて、作業前の好ましさの印象は陽画表示の方が悪くなるが、陰画表示では好ましさの評価は比較的高くかつ安定した傾向にある。しかし作業負担が少なく、作業能率も高い表示色は陽画表示に多いことが判明した。

第7章では本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題を述べた。

以上、本研究によって作業負担の評価法としてのCFFの測定法について詳細な条件を明らかにするとともに、VDT画面の輝度、色ならびに表示モードについて、生理・心理的負担を軽減できる画面表示を詳細にわたって解明した。これらの研究成果はVDT作業と健康に関する表示画面の条件について新たな知見を示したもので、VDT作業者の作業環境の向上に資することとなろう。またこれらの研究成果は情報伝達システムとしてVDTを考えた場合にも工学的意義を持つ。VDTは情報の送り手と受け手の間に介在す

る工学システムの一構成要素であり、情報の受け手である人間側の特性を考慮したシステムでなければ情報伝達効率は低下する。つまり、システムは人間の情報処理特性によりよく整合したものでなければならない。本研究はVDTのハードウェアの側面とシステム使用者の心理的、生理的側面とのよりよい協調関係を維持するために表示画面に関する問題について評価しており、本研究で得られた成果は単にVDT作業環境のみならず広く情報伝達システムを設計する上でも有効である。

目 次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 VDT作業と健康障害に関する研究経過と問題点	3
1.2.1 負担要因に関する研究	3
1.2.2 作業負担の評価指標に関する研究	8
1.3 関連研究と問題点	9
1.4 本研究の目的と意義	11
1.5 本論文の内容概説	13
第2章 VDT作業者の作業負担の評価	15
2.1 緒言	15
2.2 CFFによる負担の評価法	16
2.2.1 CFFの測定法と条件	16
2.2.2 実験結果と検討	20
2.3 自覚症状とCFF測定値の相関	30
2.3.1 実験方法と条件	30
2.3.2 実験結果と検討	34
2.4 結言	43
第3章 VDT画面表示文字の認知と可読性	45
3.1 緒言	45
3.2 英文字の認知知覚	46
3.2.1 実験方法と条件	46
3.2.2 実験結果と検討	48
3.3 日本語文字の可読性	61
3.3.1 実験方法と条件	62

3.3.2 実験結果と検討	65
3.4 結言	71
第4章 VDT画面輝度の評価	72
4.1 緒言	72
4.2 好ましい文字輝度と背景輝度	73
4.2.1 実験方法	73
4.2.2 実験結果と検討	75
4.3 補色残像効果と画面の輝度	77
4.3.1 実験方法と条件	77
4.3.2 実験結果と検討	78
4.4 結言	80
第5章 表示画面の心理、生理的效果	81
5.1 緒言	81
5.2 好ましい配色	81
5.2.1 一対比較法による評価	81
5.2.2 評価結果と検討	83
5.3 表示色の印象とその意味構造解析	86
5.3.1 因子分析法による解析	86
5.3.2 解析結果と検討	89
5.4 表示モードの違いによる作業負担の差	98
5.4.1 実験方法と条件	99
5.4.2 実験結果と検討	101
5.5 結言	103
第6章 陽画表示における白背景色の評価	104
6.1 緒言	104

6.2 好ましい白背景色	104
6.2.1 評定尺度法による評価	105
6.2.2 調整法による評価	107
6.2.3 評価結果と検討	107
6.3 作業の進行による好ましい白背景色の变化	111
6.3.1 実験方法と条件	111
6.3.2 実験結果と検討	113
6.4 白背景色と作業負担および作業能率の関係	118
6.4.1 実験方法と条件	118
6.4.2 実験結果と検討	121
6.5 結言	129
第7章 結論	130
謝 辞	134
参考文献	136
論文、学会発表、著書リスト	147

第1章 序 論

1.1 本研究の背景

コンピュータの情報処理能力の驚異的な進展と小型化，低価格化により，コンピュータシステムは一部の専門家だけでなく，広く一般オフィスの事務員にも使用されるようになった。オフィスの自動化が進むにつれ，作業形態に変化が見えはじめた。従来の一般事務作業では書類にデータを書いたり，書類の文字を読取ることが行われてきたが，コンピュータシステムの導入によりデータはキーボードから入力し，コンピュータの表示端末としてのC R T（陰極線管）に表示されるデータを読取る作業へと変化してきた。この種の作業に使用されるコンピュータの視覚表示端末のことをV D T（Visual Display Terminal）と呼ぶ注）。

事務作業の機械化，自動化にともなう作業形態の変化は作業者の健康障害という新たな問題を産むこととなった。1970年初頭，欧米ではV D T作業による障害について実態調査研究がなされ，1975年には実験的な研究に着手している¹⁾。1980年に入ると，V D Tに関連した様々な障害の実態ならびに対策などが精力的に報告されている²⁾⁻⁶⁾。他方，我が国では欧米に比べるとやや遅れをとったものの，1980年頃から急速にV D T作業と健康障害に関する社会的関心が高まった^{7),8)}。それまで，日本ではキーパンチャーの頸肩腕障害^{9),10)}とテレビ観視による視覚負担の測定が報告されていただけで¹¹⁾，V D T作業による作業者の負担についてはまだまだ目が向けられていなかった。

注）V D Tの他にV D U(Visual Display UnitあるいはVideo Display Unit)と呼ばれることもある。コンピュータの表示端末にはC R Tの他にL C D（液晶ディスプレイ），E L（エレクトロルミネッセンス）ならびにP D P（プラズマディスプレイ）があり，これらもV D Tの一種である。一般的にV D TといえばC R Tを指すことが多いので，本論文でもコンピュータの表示端末として使われるC R TディスプレイのことをV D Tと呼ぶ。

作業者の訴える自覚症状には表1-1に示すように^{7),12)}、視覚系の症状（目が疲れる、目がちかちかする、目に刺激感がある、視力がおちた感じがするなど）、頸肩腕の症状（首筋が疲れる、腕が疲れるなど）ならびに精神神経系の症状（いらいらする、不安、抑鬱など）がある。これらの症状の他に、顔面や首筋に発赤や発疹が出るといった皮膚障害や、早産、流産、妊娠中毒といった生殖系の障害発生の報告もあり、非常に深刻で複雑な問題を投げかけている。

表1-1 V D T作業者の自覚症状

(a) Ghirinbelliの調査 (1980)		(b) 日経マグロウヒルの調査 (1983)	
自覚症状	愁訴率(%)	自覚症状	愁訴率(%)
全体的視覚障害	75.8	目が疲れる	69.2
眼の刺激感	45.2	首筋が疲れる	39.6
不安感の亢進	43.4	目がちかちかする	25.3
抑鬱症状	40.3	物がときどきぼやける	22.0
視力の低下	33.9	腕が疲れる	25.2
頭痛	27.4	昼間でも眠くなる	14.3
眼の疲労	19.4	頭がぼんやりする	14.1
吐き気	14.5	手首が疲れる	13.2
めまい	9.7	いらいらする	13.1
背中痛み	9.7		
首まわりの痛み	6.5		
色覚異常	4.8		
生理不順	3.2		

このような症状に関して、基本的な問題が提起される。それらを列挙すると次のようになる。

1. 健康障害はV D Tの使用によるのか。

障害の愁訴率は高いが、それがV D T作業によると断定することが困難である。

2. 健康障害の原因は何か。

従来書類を扱う作業より視覚負担が大きく¹³⁾、瞳孔、輻輳系になんらかの影響を与え¹⁴⁾、作業時間の長さ¹⁵⁾、作業密度^{16),17)}、作業管理の厳しさ¹⁸⁾が負担を強めるとか、照明環境の悪さ^{19),20)}が負担を増すとも言われている。

このように様々な要因が考えられるが、それらがどのように関連し合って障害発生に結び付くのかははっきりしていない。

3. 健康障害は予防出来るのか。

4. 健康障害は一時的なものなのか、あるいは慢性化するのか。

様々な症状の中でどの症状が一時的なもので、どの症状が慢性化の恐れがあるのかの判定が困難である。

5. 皮膚障害の原因になるのか。

障害の因果関係がはっきりしない。

6. 妊婦のV D T使用に特別な問題があるのか。

妊婦の使用は制限されなければならないかどうかを決めることが困難である。

7. V D Tから放射される電磁波の人体への影響はあるのか。

近年特に問題とされている²¹⁾。

V D T作業による健康障害の一つの特徴は、目に見える形で発症、発病することが少なく、しかも様々な要因が絡み合って発生していると考えられている。このため、因果関係の解明が非常に困難で、V D Tの何をどう改善してよいかの明確な回答がなかなか得られにくい。しかし、これらの問題に関する社会的関心度は高く、なんらかの解決策を求められているのが現状で、医学、工学、心理学、社会学などからの多面的な研究が必要である。

1.2 V D T作業と健康障害に関する研究経過と問題点

本節では、V D T作業に内在する様々な問題に関する研究経過を、作業負担の要因と負担の評価法の2つの側面から述べ、本研究の立脚点を明確にする。

1.2.1 負担要因

作業負担の要因としては次の4項目が挙げられる。

(1) 作業形態

(2) 作業環境

(3) VDTの物理的特性

(4) VDTワークステーションを構成する機器の特性

これらの要因と作業負担の関係について以下に述べる。

(1) 作業形態：作業形態はデータ入力型と対話型に大別できる。データ入力型作業というのは、継時的にキーボードからデータを入力する作業で、入力速度は非常に速いのが特徴と言える。作業者の視線は主に入力原簿に向けられ、画面へは時折向けられるだけである。このため同一の作業姿勢が長時間拘束される。一方、対話型作業というのは会話型とも言われ、データ入力後その結果を見て何らかの判断をした後、次の入力をする作業で、キーボードの操作速度は遅いが視線移動は頻繁になることが特徴とされる。これらの作業形態のほかに、入力型と対話型が複合した作業としてデータ検索、ワープロ、CAD/CAMなどが考えられる⁶⁾。

VDT作業が導入された初期はデータ入力型が多かったが、徐々に対話型作業が増え、近年はこの複合形態の作業が増える傾向にある。このように作業形態は時代と共に変貌し続けており、作業形態の違いにより負担の大きさや負担の部位は異なることがVDT作業と健康の問題を複雑にしている。

(2) 作業環境：作業環境の要因として照明、温度、湿度、騒音が指摘できる。照明は入力原簿の見やすさのみならずVDT表示文字の視認性にも影響を与える。照度が高いとVDT画面の文字と背景の輝度コントラストが低下する。一方、照度が低いと画面のコントラストは高くなるが、原簿の文字が読みにくくなるといった影響がある。NIOSHによればVDT作業場の照度は一般事務作業場のそれよりかなり低くするよう勧告されており²²⁾、作業面の照度は200から500 lxあればよいとされている²³⁾。しかし、高年齢者の場合は一般的に若年者よりも高い照度が要求されるため、より適切な照度を設定することが必要である。NIOSHの勧告ではコントラストの適性値を明示していないが、発光型ディスプレイでは少なくとも照度500 lxで適切なコントラストが得られることとしている。また、LCDのような非発光型ディスプレイで

は200 lx以上の照度が必要と述べている²³⁾。

VDT画面周辺から画面に入射する光は管面で反射拡散され、作業者の目に入る。これはグレアと呼ばれ、この反射光量と画面の他の部分との差が大きいつき、まぶしさが知覚され不快感や作業能率の低下が引き起こされる。グレアにより不自然な作業姿勢が強要されることさえある。グレアを抑制するには、VDTを見た時の視野に光源が映り込まないような配置、画面の向き、外光の制御、照明器具の選定を行う必要がある。窓を背にしたり、向かい合う配置は避けなければならない。照明器具を天井に埋め込むことでグレア源をある程度回避出来る。また管面にグレア低減処理を施す対策が考えられている。しかし、グレア低減処理を施すと文字の視認性が低下することが問題である。画面の表示を白背景にすることで、グレアを目立たなくすることも考えられている。どの程度の効果が期待できるのか検討する必要がある。

VDT機器の安定運転のために過度の冷房を施すと、人体に変調を来たすことは周知のことである。夏場の冷房の効き過ぎは作業者の体調を崩し、冬場の暖房は目の乾きを促進する。特に、目の乾きに対する不快感は最も高い訴えを示しているので、オフィスの空調に関しては局所的な温度コントロールの重要性が叫ばれてきた。これに呼応するように近年細かい温度コントロールのできるオフィスが増えてきた。

皮膚障害の原因の一つとして湿度に関する調査が北欧でなされた。これによると、一般事務では平均相対湿度34.8%、VDT作業場では36.5%と約2%の差でしかなかった²⁴⁾。湿度と皮膚障害の関係についてはこれまでのところはっきりしたことはわかっていない。

騒音源としては、VDT機器の放熱ファンの音、プリンタの音、部屋の送風音、人の話し声などが挙げられる。個人によって差はあるものの、これらが作業の遂行に影響することは自明である。

VDT作業場における温度、湿度、騒音に関しては、従来の一般事務作業場における規定が運用されているのが現状である。

(3) VDT画面の物理的特性：VDT作業は従来の一般事務作業に比べて全身疲労症状、目に関する症状、精神神経系に関する症状の訴え率が高い。これに最も大きい影響力をもつ要因として画面の特性が指摘されており²⁵⁾、画面に対する不満解消が重要である。しかし、各種の調査で最もよく見られる目が疲れるという症状は、眼精疲労というには程遠い軽度のものが大部分であるとの報告もあり²⁶⁾、視覚的負担の程度についての見解は研究者により異なり、VDT画面の特性に関する研究が急がれる。

VDT画面の物理的特性には画面表示の時間的特性と空間的特性がある。VDTの時間的特性としてはリフレッシュレート、蛍光体の残光特性、蛍光体の波長分布（スペクトル）ならびに文字輝度の安定性が挙げられる。リフレッシュレートが低かったり、蛍光体の残光が短か過ぎたりするとちらつきが感じられ不快感を作業者に与える。また、これら蛍光体のスペクトルの狭いことも視的負担の一要因と考えられている。

VDT画面の空間的特性として文字を構成している走査線の数と線幅が挙げられる。画面に表示される文字はドットで構成されるが、その各ドットは電子ビームが蛍光体に衝突し発光する。したがって、1文字を構成する走査線の数が多いほど、また線幅が細いほどドット間隔が広く表示され、文字の視認性は低下する。1文字の構成ドット数は縦16×横16の画面が最も普及しているが、日本語文字には字画の複雑なものも多いため、これ以上のドット数を必要とすると言われている。走査線数、幅ならびに文字構成ドット数は文字輪郭の明瞭性ないし鮮鋭度にも関連している。

文字の形と大きさも空間的特性の一つである。英文字の大きさは視角24分で文字高は3から4mm、文字の幅は文字高の50から75%にするのがよいと言われている。文字間隔は文字幅の20から50%、行間隔は100から150%が読みやすい²⁷⁾。

これらの他に表示モードの問題がある。多くのVDTで使用されている文字表示法は、暗い背景に明るい文字を表示する陰画表示法である。陰画表示の場合、画面全体の輝度が低いため瞳孔の散瞳がおこる。これにより焦点深

度が浅くなるので、像が網膜に鮮明に結像する範囲が狭くなる。また、画面と明るい書類の間を視線移動するとき、瞳孔反応が過度になり、より適切な状態に達する前に瞳孔をほぼ完全に開けたり、閉じたりする過補償が生じる。この過度の瞳孔反応を頻繁に繰返すと眼の網様体筋の疲労を引き起こし、ひいては視覚の不快感や一般的な疲労の訴えが多くなる。これに対し、明るい背景に暗い文字を表示する陽画表示法だと陰画表示に比べて瞳孔の散瞳の程度は小さく、焦点深度も深く、しかも画面と書類間の視線移動による瞳孔反応の過補償も生じにくい^{28),29)}。しかし、陰画表示でも、あるVDT作業領域から他の作業領域へ視線を移動したときの瞳孔反応は過度ではないし、反応の過補償現象も見られないとか、瞳孔径は画面だけでなく視野全体の輝度レベルに対して敏感に反応し、しかも瞳孔径は視野内の輝度レベルの変化がなくてもかなり変動するとの反論もあり、いずれの表示モードがよいかの結論は得られていない^{30),31)}。表示モードに関する問題には、文字と背景の輝度対比や文字と背景の色の組合せが関連しており、生理的、心理的解析とも合わせて検討する必要がある。

(4) ワークステーションを構成する什器：VDTワークステーションを構成する什器には机、椅子、キーボード、書見台などが挙げられる。これら機器の人間工学的な設計開発が要求されている³²⁾。机に関しては高さ、幅、奥行き、形状、色、材質ならびに脚まわりの空間の広さが設計要素として挙げられる。椅子に関する設計要素としては座面や背もたれの高さ、傾き、幅、奥行き、形状、色のほかに、肘かけやキャスタの有無、脚の本数などが挙げられる。椅子に関係する作業姿勢について考えると、長時間の拘束姿勢を強いられるVDT作業では、腰椎の椎間板の劣化が促進されると推定されている。背筋をまっすぐ伸ばし前腕を水平にし、肘を直角に保つ姿勢が基本的な作業姿勢とされてきたが、この姿勢が必ずしも負担軽減に貢献しないとし、体幹を後方に傾斜させた後傾姿勢を基本とする提案がある³³⁾。

キーボードの物理的形狀やキー配列により、手や腕の位置が決まる。手の尺屈角度が15°～20°を越えると前腕の筋疲労が著しい³⁴⁾。キーボードの傾

ボードの設計要素として打鍵圧、キーの形状、色などがある。

1.2.2 作業負担の評価指標に関する研究

生理機能測定による作業負担の評価に関するこれまでの研究成果を概観する。

(1) 眼の焦点調節機能：焦点調節機能の測定は視機能の変化を捉えるのに有効である。単眼の機能として一般照明下での焦点調節機能（弛緩時間、緊張時間）がある。VDT作業により焦点調節の制御時間が延長すると指摘する研究者は多い^{35),36)}。また作業により調節微動の低周波分（0.5-1.0 Hz）の増加^{37),38)}や、調節微動の変動量増加の指摘もある³⁹⁾。暗中での焦点調節の測定もなされている⁴⁰⁾が、これは測定時間が長く、変動も大きい⁴¹⁾ことや、測定前の調節状態に影響されやすい^{42),43)}。これらの他に瞳孔径の変化による評価の試みもある^{44),45)}。

単眼の機能だけでなく、両眼の機能（輻輳、開散）の幅と作業時間による負担評価⁴⁶⁾もなされている。

(2) CFF (Critical Fusion Frequency)：CFFというのは検査光光源光を点滅させた時に感じるちらつきと融合の境界の、単位時間当たりの点滅頻度である。CFFは生体に対する肉体的あるいは精神的負荷による大脳皮質の興奮の程度を視覚系を通してとらえるもので、中枢系の疲労を推定するのに有利な指標であると考えられており、一般事務作業のみならず、これまで幅広く産業疲労検査に利用されてきた。VDT作業に関して測定した例を見ると、CFFの低下量は刺激の色、呈示視野により異なる⁴⁷⁾。しかし、瞳孔径と調節力の変化を除去してCFFを測定すると、測定値の変動は小さくなるので、測定には慎重でなければならないという意見もある⁴⁸⁾。VDT作業の負担をどの程度反映しているかに関する検討は不足している。CFFの測定値は心理的な効果により変動することがわかっており、測定における注意が必要であることなど、測定法自体の検討も必要である。

(3) 眼球運動：眼球は情報読み取り部分を経時的にサンプリングする運

動パターンを持ち、それはある部分から他の部分への不連続的に起こる跳躍運動（サッケード）の系列からなる。この動きに着目して視線移動速度、注視点分布による負担を評価した例がある⁴⁹⁾⁻⁵¹⁾。サッケードの振幅と頻度の積で表した視線移動速度は20から25 deg/secであった。この値は他の日常的作業の約2.5倍、航空機離着陸時のパイロットの視線移動速度に相当する。このデータはVDT作業における視線移動による作業負担の苛酷さを示すものと言える。

(4) 眼圧：作業後に眼圧が有意な上昇を示すとの報告がある⁵²⁾。しかし、この眼圧上昇は調節機能がよくても認められるとの指摘もある⁵³⁾。眼圧上昇があっても視野の減少は認められないことより、眼圧上昇が眼球の器質的な変化をもたらすものではないと結論付けている。また、3時間前後のワープロ作業では眼圧に有意な変化は認められなかったとの報告もある⁵⁴⁾。

これらの他に、角膜表面温度⁵⁵⁾、脳波⁵⁶⁾⁻⁵⁹⁾、情報の伝達効率⁶⁰⁾による負担評価の試みもある。このようにVDT作業負担の評価法は種々提案されているが、いずれも対象とする生理負担を測定しているだけで、あらゆる負担を評価しているわけではない。かといって、一度に多くの測定法を作業者に課すことは測定自体が負荷になるため困難である。同時に多くの測定法を用いて評価している例もあるが、短時間で計測できなければデータの信頼性は薄いと判断するのが妥当であろう。

1.3 関連研究と問題点

本研究に関連する項目について整理しその問題点を明らかにする。関連項目は大別すると(1)VDT作業による負担の評価法、(2)表示文字の読みやすさと負担の関係、(3)表示モードと負担の関係の3項目である。

生理機能による評価法は前節で述べたように種々あるが、どの方法が最もよく負担の程度を表現できるかは今のところ明らかでない。負担の測定法は定まっていないが種々の測定法の中で、従来から一般産業疲労検査によく利用されている測定法はCFFである。これは視覚系のみならず中枢系の負担をも推定するのに有利な指標であると考えられている^{61),62)}。しかし、現行の

測定法が新しい作業形態であるVDT作業の負担評価にどの程度有効かはわかっていない。たとえば、現行のCFFの測定方法や条件は、検査光光源の見え方や点滅の判断のしやすさなどから決められており^{63),64)}、これらはもちろんCFFを測定するうえで重要な条件である。しかし、作業による負担の程度を推定する場合はCFFの変動量に意味があることに着眼すると、CFFの測定方法や条件を変動率の大きさや、測定の精度の点より検討することが必要である。

VDTに表示される文字の認知ならびに読みやすさに影響を与えるものとしては文字の形状、色、輝度がある。表示文字はドットマトリックスで構成されるので、文字の可視性や可読性はドットの大きさやドット間隔、文字構成のドット数などに依存し、英数字の読みやすさとドット間隔、大きさの関係については検討されている⁶⁵⁾。色も可読性に影響を与えるが、ANSIの勧告によると他の色との弁別しやすさについて基準を設けているだけで、どの色が読みやすく負担が少ないかの記述はない²³⁾。文字色と認知負担に関する検討が必要である。

英数字の読みやすさに関する研究は多いが、漢字やカタカナ表示の読みやすさや負担についてはあまり検討されていない⁶⁶⁾。漢字やカタカナ表示されるVDTは現在でも広く利用されており、この表示による負担がどの程度あるのか、カタカナ表示が漢字表示と比べてどの程度読み取りやすさに影響を持つのかについての考察が要求される。

文字の読みやすさは輝度の影響を受ける。輝度に関しては視覚検索のパフォーマンス量の点から陰画表示と陽画表示の画面輝度を比較したり⁶⁷⁾、陰画表示（文字色緑）の場合の生理負担の点から文字輝度を評価した例もある⁶⁸⁾。しかし、輝度は心理的效果を持っており、作業効率や生理的負担だけでなく好ましさの評価と総合して検討することが重要である。

輝度と色の関係においては補色残像の問題がある。ある色を注視した後、その色から視線を離すと補色の残像が見える現象がVDT作業にも現われており、この色残像が作業をするのに邪魔になるとか、作業後も残像が見え

て不快だという訴えがある⁶⁹⁾。この残像効果は注視する色や文字の輝度などにより影響を受けるため、残像が残りにくい輝度や色の解明が望まれているが、その発生機序や対策についてははっきりしたことはわかっていない。

表示文字については読み取りやすさなどの作業効率だけでなく、表示色による作業の快適性向上の問題が挙げられる。作業者が快適かつ効率よく作業を遂行するためには、画面の表示色を作業者の好みに整合させることが必要で、表示色の好ましさに関する報告は種々なされている⁷⁰⁾⁻⁷⁴⁾。しかし、作業者がどのような印象を表示色から受けて好ましさを判定しているのか、作業に最適な色の持つ心理要因が快適性にどの程度の効果を持つのかといった問題については明らかにされていない。

また、この表示色の問題は表示モードの問題と切り離せない。従来、VDT画面の表示モードには陰画表示がよく使われてきたが、最近、陰画表示よりも陽画表示の方がよいのではないかとされている⁷⁵⁾⁻⁷⁸⁾。しかし、両表示モードとも長所と短所を持ち合わせており、いずれの表示モードがよいかの統一的な見解はこれまで得られていない。たとえば、最近増えてきた陽画表示の文字色、背景色については経験的に文字色黒・背景色白がよく使われているが、この白背景色をどのような色みの白にすれば作業者が最も好ましいと感じるかはわかっていない。快適に作業遂行できる色の選定には、好みの白が作業によりどの程度変化するかを考慮する必要がある。また、実際に作業をしたとき表示色から受ける印象は変化するのか、変化するとしたらどの程度か、あるいは安定してよい印象を与える表示色は何かといったことに加えて、作業負担や作業能率に表示色がどの程度の効果を持つかの検討が必要である。

1.4 本研究の目的と意義

VDT作業による健康障害は、コンピュータの発達とともに急激な変化をもたらされた事務作業場に発生した社会的問題である。VDTの導入による作業の効率化が進むにつれ、作業者の負担が増加し、それが障害発生へとつ

ながっていった。VDTによる健康障害は単に身体的だけでなく、心的にも存在することがこの問題を複雑にしている。それゆえ、VDT作業に関連するあらゆる条件を作業者の視点から見直す必要に迫られており、VDT作業と健康に関する研究の重要性が叫ばれていた。

本研究は、そのような要求に基づき開始されたものであり、その目的はVDT作業負担の軽減に寄与するVDT表示画面の条件を提供することである。

本研究では、まず作業負担の評価方法としてのCFFについて負担検出力の強い測定方法ならびに条件を見出し、CFFが主観的疲労感と高い相関のあることを明らかにし、負担評価指標としてのCFFの有効性を確認する。次いでVDTに表示される英文字の色と罫線による視認効果について論じ、視認性のよい条件を明らかにする。また、日本語表示に関しては漢字とカタカナ表示について可読性の点から評価し、漢字表示の優位性を実証する。さらに、VDT表示文字輝度と背景輝度、文字色と背景色、表示モードのそれぞれの問題について心理、生理的測定を行ない、負担の少ない好ましい輝度ならびに配色を提案する。

これらの研究成果はVDT作業と健康に関する表示画面の条件について新たな知見を示したもので、VDT作業者の作業環境の向上に資することとなる。さらにこれらの研究成果は情報伝達システムとしてのVDTを考えた場合にも工学的意義を持つ。VDTは情報の送り手と受け手の間に介在する工学システムの一構成要素である。従来は、情報をいかに正確にしかも迅速に伝達できるかの情報伝達効率でシステムの評価が主になされてきた。しかし、情報の受け手である人間側の特性を考慮したシステムでなければその効率は低下する。つまり、人間の情報処理特性によりよく整合したシステムでなければならない。VDTを使用する人間が無理をして、システムの特性に適合することが強いられるのでは、そのシステムは決してよいシステムといえない。このような観点は非常に重要であることが近年認識されはじめ、人間を中心においたシステムをつくるための研究が盛んになされるようになった^{79),80)}。本研究はVDTのハードウェアの側面とシステム使用者の心理的、

生理的側面とのよりよい協調関係を維持するための解決策を得るために表示画面の持つ様々な問題について評価しており、単にVDT作業環境のみならず生活環境における情報伝達システムを設計する上で役立つ。

1.5 本論文の内容概説

本研究は、昭和55年以来、筆者が行なってきたVDT画面表示と作業負担に関する研究をまとめたもので、序章を含めて7章から成っている。

第1章では、社会的、工学的視点から本研究の必要性を明らかにするとともに、VDT作業と負担に関する過去の研究について展望し、本研究の対象とする範囲を示した。

第2章では、作業負担の評価指標としてのCFFの測定法について詳細な検討を行ない、CFFがVDT作業における負担評価指標として有効であることの測定例を示す。

第3章では、英文字の認知知覚が文字の色や配色から受ける影響について評価検討する。また、漢字表示の読取りやすさならびに負担の少なさについて検討する。

第4章では、VDT画面の陰画表示（暗い背景に明るい文字）と陽画表示（明るい背景に暗い文字）について、作業をするのに好ましい文字輝度と背景輝度を求める。また、画面注視による補色残像の程度からも文字輝度の評価を行なう。

第5章では、文字色と背景色の組合せは陰画と陽画のどちらの表示モードの方が主観的に好ましいかをThurstoneの対比較法により求める。また、SD (Semantic Differencial) 法を用いてVDT表示色の印象の意味構造を解析するとともに、表示色の好ましさの心理要因を分析する。さらに、表示モードの違いによる作業負担の差に関する検討も行う。

第6章では、陽画表示画面における白背景色の好みに関する主観評価実験を行い、作業者にとって最適な白色について検討する。最後に、VDT作業者が表示色から受ける印象の変化、作業による疲労および作業能率の3つの

要因に関して、最適な表示色を総合的に検討する。

最後に第7章では、本論文で得られた成果を総括するとともに、本研究の意義を確認し、今後の問題点を指摘する。

第2章 CFFによる作業負担の評価

2.1 緒言

本章では、CFF (Critical Fusion Frequency, 臨界融合周波数) を、VDT作業による負担評価指標として用いるための詳細な検討を行っている。CFFというのは次のように定義できる。ある光を点滅させたときの単位時間当たりの点滅頻度が多くなると、その光は持続光と同じように見えるが、点滅頻度が比較的少なくなるとちらつきを感じる。このちらつきをフリッカーと呼び、その頻度をフリッカー値と呼ぶ。このちらつきと融合の境界にあたる頻度がCFFである。

作業負担の推定は一般的に生体の機能の低下を量的にとらえ、その低下量によりなされる。負担測定法としては前章に示したようにいくつかあるが、その中でもVDT作業負担の評価には焦点調節機能やCFFが比較的良好に利用されている⁸¹⁾⁻⁸⁶⁾。特にCFFは簡単に測定出来ることから、従来の事務作業のみならずさまざまな産業疲労の測定分野で最もよく利用されてきた。

CFFは生体に対する肉体的あるいは精神的負荷による大脳皮質の興奮の程度を視覚系を通してとらえるもので、中枢系の疲労を推定するのに有利な指標であると考えられているが^{61),62)}、新しい作業形態であるVDT作業による負担の大きさを、CFFがどの程度反映しているかを明確にしておく必要がある。

次節以降では、作業者の負担の程度を評価するための指標としてのCFFについて検討し、作業負担の程度を検出しやすい測定法ならびに条件を明らかにする。さらにCFF測定値と作業負担に対する主観的な訴えとの相関関係を調べ、VDT作業による負担評価指標にCFFを使用することが有効であることを検証する。

2.2 CFFによる負担評価法

CFFの測定装置にはセクターによる光源の遮蔽方法と発振器からの矩形波による点滅駆動法がある。セクター式の装置に関しては1953年に日本産業衛生協会産業疲労委員会が定めた規格がある。装置の条件として光源の断続法は2翼セクターの回転方式とし、検査光光源の輝度は 120 cd/m^2 、視野は 0.5° 、周辺視野 10° の輝度は 25 cd/m^2 を定めている。こうした条件となった理由として、中心視であること、検査光光源が見やすい明るさであることを挙げている。点滅の提示方法としては点滅の判断のしやすい極限法の下降系列がよいとしている。しかし、これらの条件が果たして負担の検出力や測定精度の点から見ても適当かどうかについては検討されていない。見やすさや判断のしやすさは重要であるが、単にこれらの要素だけで測定法が定められるのは問題である。なぜなら、得られた測定値の信頼性が決して高いとは言えない。したがって、CFFにより作業負担の程度の推定をより高めるには、測定値の変動率の大きさや測定の精度の視点からの検討が必要である。

検討対象はCFFの測定方法と条件である。測定方法としては調整法、極限法および恒常法について、測定条件としては検査光光源の輝度、大きさ(視角)、色および単眼、両眼CFFとした。また、日本産業衛生協会産業疲労委員会の定めたCFFの測定装置では、2翼セクタにより光源を断続させているが、現在はLEDをデューティ50の矩形波で点滅させることは容易にでき、しかもセクタ方式よりも点滅周期をより正確に設定できるので、以下の実験では検査光光源にLEDを使用した。

2.2.1 CFFの測定法と条件⁸⁷⁾⁻⁸⁹⁾

CFFの測定方法

CFFの測定方法として調整法、極限法ならびに恒常法⁹⁰⁾について検討した。

(1) 調整法1：被験者が点滅周波数の下降、上昇の両系列の操作を行な

う。このとき被験者は閾の点が求まるまで系列の逆行を繰返し行なうことが許されている。このようにして求められた閾値をCFF測定値とした。

(2) 調整法2：調整法1と同じように点滅周波数の下降、上昇の操作は被験者が行なうが、ここでは系列の逆行が許されていないので下降と上昇のそれぞれの閾が求められる。両系列の閾値の平均値をCFF測定値とした。

(3) 極限法：実験者が点滅周波数の下降、上昇の両系列の操作を行ない、被験者は両系列の閾の点をスイッチで応答する。CFF測定値の決めかたは調整法2の場合と同じである。なお、点滅周波数の変化の速さは両系列とも約 0.25 Hz/sec で一定とした。

(4) 恒常法：1 Hz間隔に11の周波数を設定し、各周波数を10回、ランダムな順序で約2秒間ずつ反復呈示する。この制御とCFFの計数はワンボートのマイコンで行なう。被験者は点滅が認められるときのみスイッチを押して応答する。応答の確率が0.5となる周波数をCFF測定値とした。

(1)～(3)では作業前後でそれぞれ5個ずつCFF測定値を求めた。なお、一連の作業前後に(1)～(4)までのすべての方法について測定を行なうと測定時間が長くなるので、(1)と(4)の方法で測定する場合と、(2)と(3)の方法で測定する場合に分けた。

CFFの測定条件

検査光光源の平均輝度、大きさ(視角)および色を次のように設定した⁹¹⁾⁻⁹³⁾。

測定条件(1)：検査光光源の大きさを 1° 、色を緑で一定とし、輝度を 120 cd/m^2 と 530 cd/m^2 とした。この輝度 120 cd/m^2 は日本産業衛生協会⁹⁴⁾で承認されている規格値である。

測定条件(2)：光源の輝度を 530 cd/m^2 、色を緑で一定とし、光源の大きさを視角 1° と 2.5° とした。

測定条件(3)：光源の大きさを視角を 1° で一定とし、光源の色を緑(ピーク波長 560 nm)、黄(584 nm)、赤(650 nm)とした。なお、光源

の輝度は120 cd/m²の場合と530 cd/m²の場合を設定した。

測定条件(4)：光源の輝度を530 cd/m²，視角を1°で一定とし，単眼によるCFFと両眼によるCFFを測定した⁹⁵⁾⁻⁹⁷⁾。

作業負担の推定

作業負担の程度は次式で求まるCFF測定値の変動率の大きさ^{98),99)}で推定した。

$$\text{CFF測定値の変動率} = \frac{M_a - M_b}{M_b} \times 100 (\%)$$

M_a ：作業後のCFF測定値

M_b ：作業前のCFF測定値

なお，本論文で示すCFF測定値の変動率はすべて上式で求めたものである。

VDTの観視条件

観視距離は約40 cmで，俯角は約15~20°であった。照明は蛍光灯と北側天空光によったため，床上約75 cmの水平面照度（テキスト面）は330~780 lx，鉛直面照度（CRT管面中央）は120~420 lxであった。

画面の大きさは14インチ（三菱，M4378-1キャラクターディスプレイ）で，表示文字の色は緑（P39）であった。文字の構成は横11×縦19ドットで，数字の大きさは横が約2 mm，縦が約4 mmであった。文字輝度は50 cd/m²で一定とした。この輝度の測定は管面中央に約2×4 mmのブロックを面発光させ，その中央付近を輝度計の測定域1°の条件で暗中共に行なった。なお，輝度計はミノルタルミナンスメータnt-1°を使用した。

VDT作業の内容

VDT作業には種々の形態がある。大きく分けてデータ入力型の作業と，対話型の作業が考えられる。ここではこの両者の作業形態を模擬した作業を

設定した。

作業A：データ入力型の作業である。被験者はテキストに印字された4桁の数字列をVDT画面の入力域にキーボード（テンキー部）より入力する。この場合，被験者はテキストとキーボードとVDT画面を交互に見ながら作業する。テキストに印字された4桁の数字列はすべて乱数により作成されており，テキスト1ページには60個（10行×6列）の数字列が印字されている。テキストの例を図2-1に示す。また，VDT画面にはテキスト1ページ分の数字列を入力できるように60個の入力域が設けられている。そのVDT画面表示の例を図2-2に示す。

8591	6781	9674	8047
3961	2918	2794	7109
1659	2879	3065	2397
2918	7583	8561	3805
9158	1523	6910	1247
2670	3280	2813	5720

図2-1 テキストの一部

20	8591	21	6781	22	9674	23	8047
26	3961	27	2918	28	2794	29	7109
32	1659	33	2879	34		35	
38		39		40		41	
44		45		46		47	

図2-2 作業AでのVDT画面の一部

作業B：対話型の作業で，VDT画面に表示された入力域の上段に被験者が入力すべき4桁の数字列が表示される。この場合，被験者はVDT画面を主に見て作業する。このときの画面表示の例を図2-3に示す。作業AとBのど

2506	1592	1740	2536
2506	1592	1740	2536
9476	3415	9018	1598
9476	3415	9018	1598
1376	8072	5487	1423
1376	8072		

図2-3 作業BでのVDT画面の一部

ちらも1回の作業量は40画面分(2400個の数字列の入力)で一定とした。したがって、1回の作業に要する時間は被験者により異なり、作業Aの場合は短い者で約1.5から2時間、長い者で約2から2.5時間であった。また、作業Bの場合は短い者で約1から1.5時間、長い者で約1.5から2時間であった。

一連の作業では作業Aと作業Bを交互に、1日1回の割でそれぞれ5回の作業を被験者に行なわせた。作業内容に対する馴れの効果を極力少なくするため、入力すべき数字列は作業ごとに異なるようにした。この数字列はすべて乱数により作成したものであるため、被験者に対する作業負担の質はどの作業においてもほぼ一定と考えてよい。

被験者

被験者は4人で、いずれの被験者も色覚は正常である。近視の者は眼鏡等で視力補正をしている。なお、CFFの測定と作業に対する予備練習を各被験者に行なわせた後、実験を行なった。

2.2.2 実験結果と検討

(1) 作業内容の違いとCFF測定値の変動率

作業Aと作業BにおけるCFF測定値の変動率(平均値)を図2-4に示す。被験者Naの作業Aの極限法の場合の一例を除いて、どの測定法の場合も変動

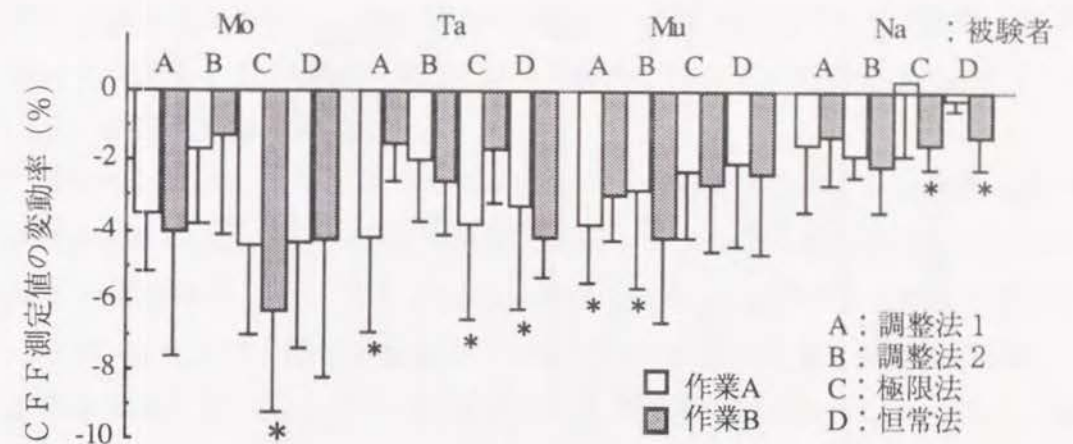


図2-4 CFFの測定方法とCFF測定値の変動率

(右眼, 検査光光源の輝度は530 cd/m², 光源の大きさは視角1°, 光源の色は緑, *は作業Aと作業Bの間の差が統計的に有意なものを示す. $p < 0.05$)

率は負であり、作業による疲労の発生が推定できる。

作業の違いによるCFF測定値の変動率の差について、同一測定法間でt検定を行なったところ、有意水準5%で統計的に有意であったのは、作業Bが作業Aよりも変動率の大きな場合が6例に対して、その逆は3例であった。画面を注視する時間の長い作業Bの方が幾分負担が大きいと言いきることはできない。なぜなら、どちらの作業負担が大きいかは測定法によっても異なり、一定した傾向は見られないからである。

(2) CFFの測定法

図2-4に示したように作業Aと作業Bのどちらの場合も、測定法の違いによるCFFの変動率の大きさの順序は被験者ごとに異なり、一定の傾向は見られず、これだけで測定法を限定することはできない。次にCFF測定値の分散の一例を図2-5に示す。どの被験者についても極限法による測定値の分散がいちばん小さく、逆に恒常法による測定値の分散がいちばん大きい傾向が見られた。測定法の違いによる分散の大きさの差の検定(F検定, 有意水準5%)をしたところ、極限法と調整法1の間に88例中62例に有意差が認めら

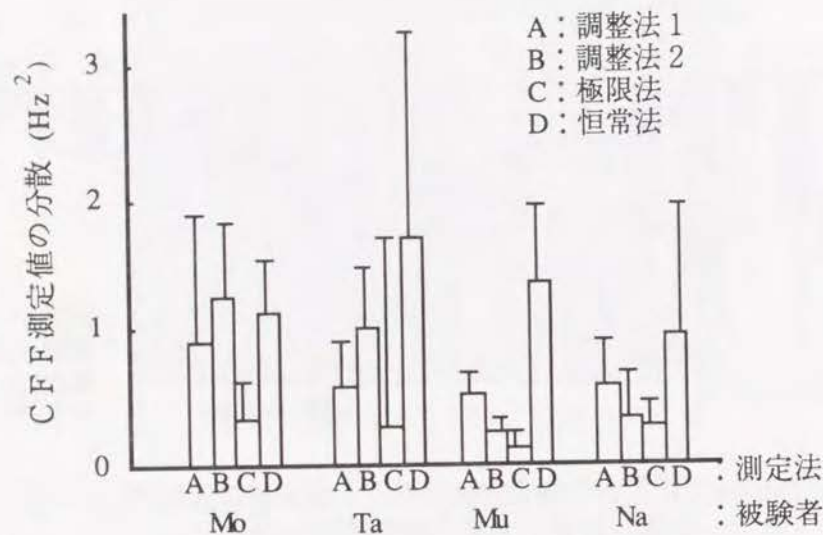


図2-5 C F Fの測定方法とC F F測定値の分散
(作業Bの作業後、左眼、検査光光源の輝度は530 cd/m²、検査光光源の大きさは視角1°、光源の色は緑)

れ、極限法と恒常法の間には88例中87例の場合に有意差が認められた。したがって、極限法がいちばん精度の高い測定法と言える。

なお、恒常法については周波数間隔を1 Hzとしたために分散が大きくなったのではないかと考え、新たな被験者2名に対して、周波数間隔0.5 Hzにして追加実験を作業Aについてのみ行なった。その結果、周波数間隔を0.5 Hzとしても分散はいちばん大きく、極限法による分散の大きさとの間に有意差が認められた。また、恒常法については呈示刺激の数が少ないことが分散を大きくしている原因のひとつと考えられるが、これ以上刺激数を増やすと測定自体が負荷となるおそれがあるので、刺激の数は増やさなかった。

C F Fの測定は短時間でかつ正確になされるのがよいことはいうまでもない。当初、実験に用いた4通りの測定法の測定に要した時間は、片眼につき、調整法1がいちばん短く約2～3分であった。調整法2と極限法では約4～5分で、恒常法は約4分(110刺激)であった。測定に要する時間の点からは調整法1がよいことになるが、極限法については刺激呈示の制御と周波数計測をマイコン側で行なうように改善したところ、測定に要する時間は

約2～3分となった。この時間長は調整法1の場合とほぼ同じであり、極限法による測定をする場合の測定に要する時間については問題ないといえる。

(3) 検査光光源の輝度

図2-6(a)に示した例に見られるように、どの測定法の場合も検査光光源の輝度が530 cd/m²の場合のほうが120 cd/m²の場合よりも変動率は負の方向へ大きい傾向があった。また、分散は輝度が530 cd/m²の場合のほうが120 cd/m²の場合よりも小さい場合がやや多くみられた。これら輝度の違いによる変動率および分散の大きさに統計的に有意な差は認められなかったが、傾向としては光源の輝度を500 cd/m²付近とするのがよいと思われる。

また、検査光光源の色が赤あるいは黄の場合について追加実験を行ない、光源の輝度の違いによる変動率の比較をしたところ、いずれの色の場合も図2-6(a)の場合と同じ傾向がみられた。したがって、光源の色が緑、赤(図2-6(b))、黄(図2-6(c))のいずれであっても光源の輝度は500 cd/m²付近のほうが120 cd/m²よりもよいといえる。

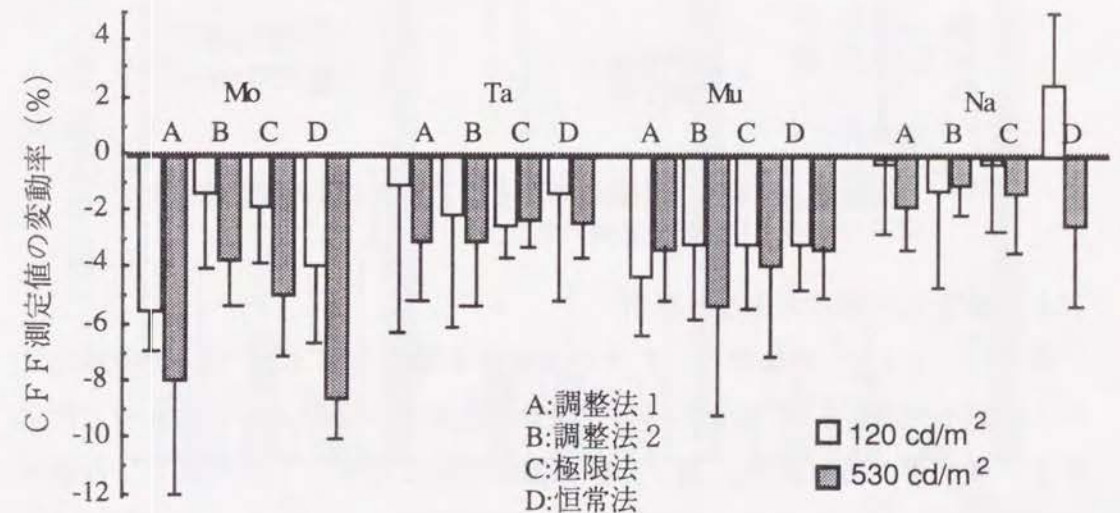


図2-6(a) 検査光光源の輝度とC F F測定値の変動率(%)
(検査光光源の色: 緑)

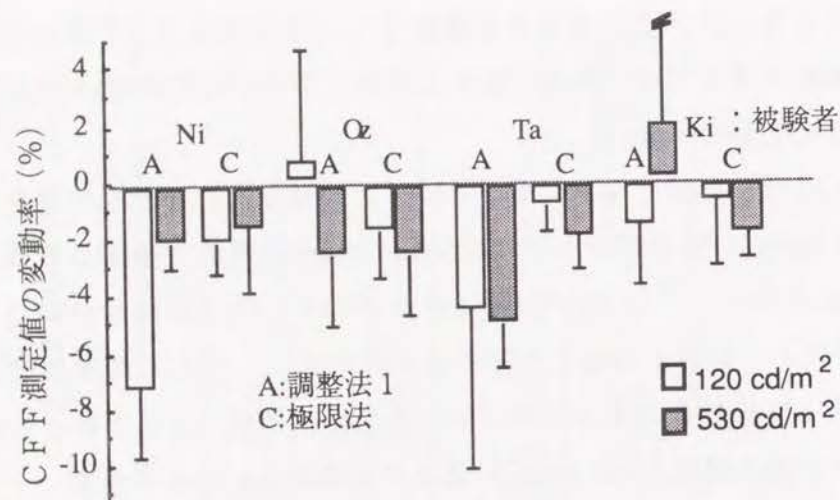


図2-6(b) 検査光光源の輝度とC F F測定値の変動率 (%)
(検査光光源の色：赤)

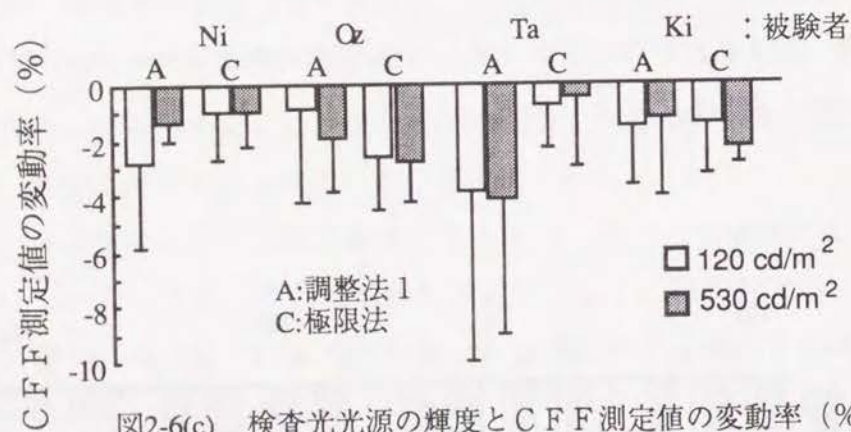


図2-6(c) 検査光光源の輝度とC F F測定値の変動率 (%)
(検査光光源の色：黄)

(4) 検査光光源の大きさ (視角)

視角 1° と 2.5° の場合のC F Fの変動率を図2-7(a) に示す. どの測定法においても視角 2.5° の場合のほうが視角 1° の場合より変動率は負の方向に大きい傾向がみられたが, 逆に分散は図2-7(b)に示すように視角 1° の場合のほうが小さく, 統計的にも有意な差が認められた. したがって, 視角 2.5° の場合のほうが変動率は大きい, 測定の精度は低いといえる.

また, 視角 1° と 0.5° との場合のC F Fの変動率の大きさに有意差は認め

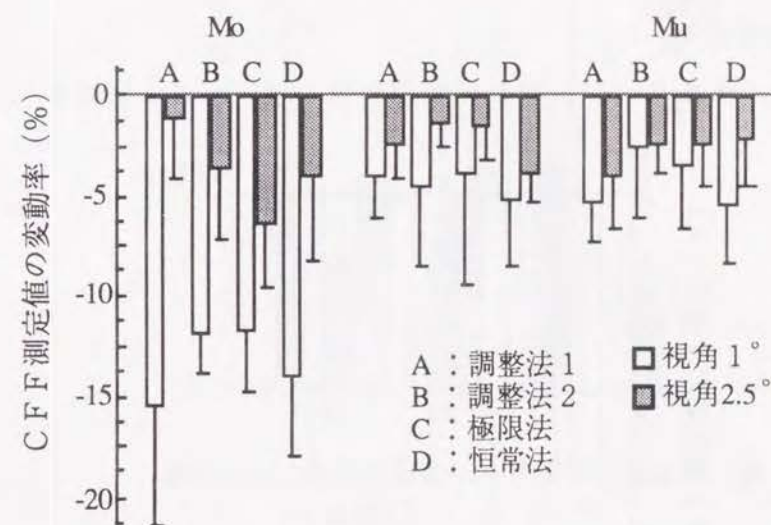


図2-7(a) 検査光光源の大きさとC F F測定値の変動率 (%)

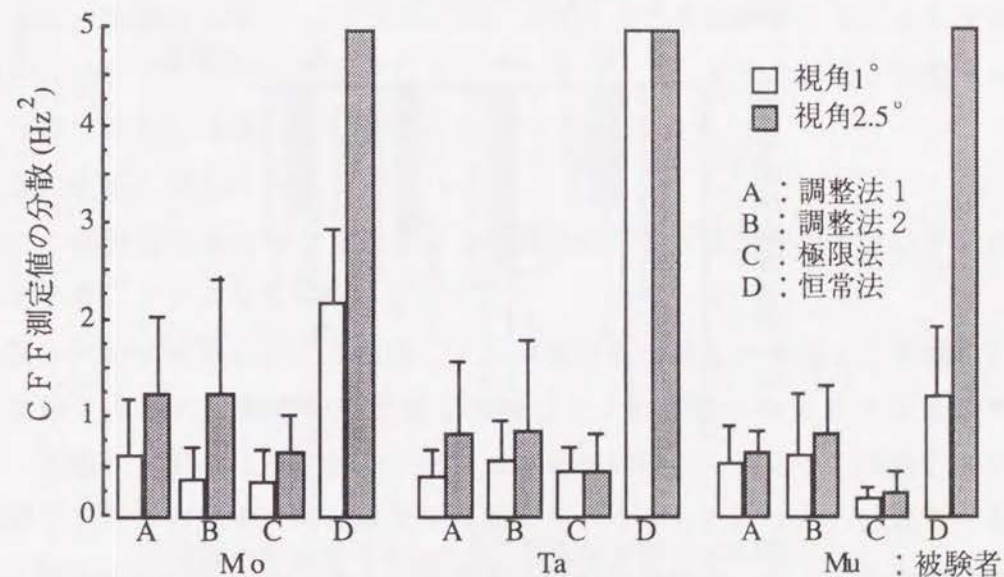


図2-7(b) 検査光光源の大きさとC F F測定値の分散

られなかったが、図2-7(c)に見られるように視角 1° の場合の方が 0.5° の場合よりも変動率は大きい傾向がみられた。これらのことから検査光光源の大きさは視角 1° がよいと思われる。

(5) 検査光光源の色

図2-8(a),(b)に示すように、検査光光源の色の違いによる変動率の大きさ

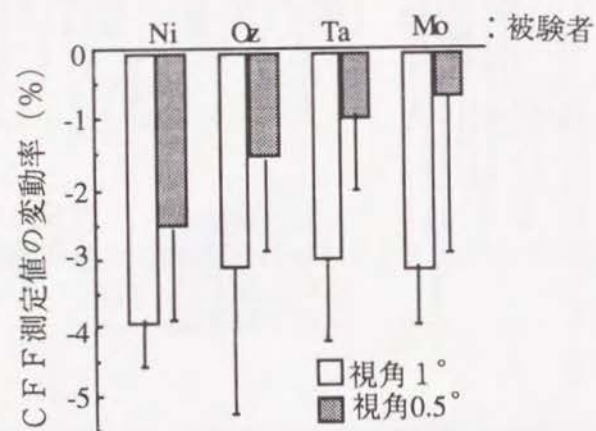


図2-7(c) 検査光光源の大きさ(視角)とCFF測定値の変動率(%)

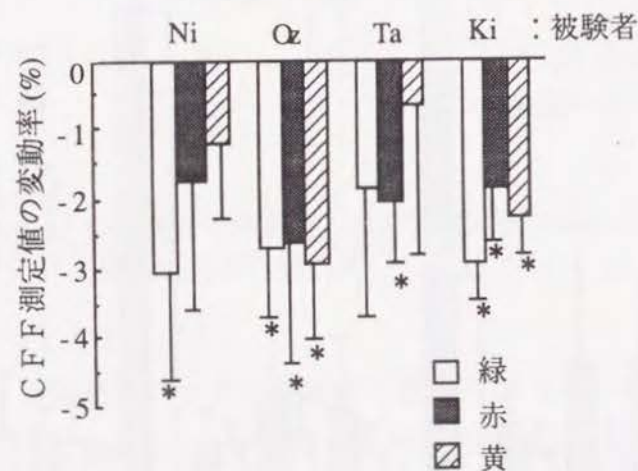


図2-8(a) 検査光光源の色とCFF測定値の変動率(極限法, 作業B, 右眼, 検査光光源の輝度は 530 cd/m^2 , 光源の大きさは視角 1° , *は統計的に有意な低下をしたものを示す。 $p < 0.05$)

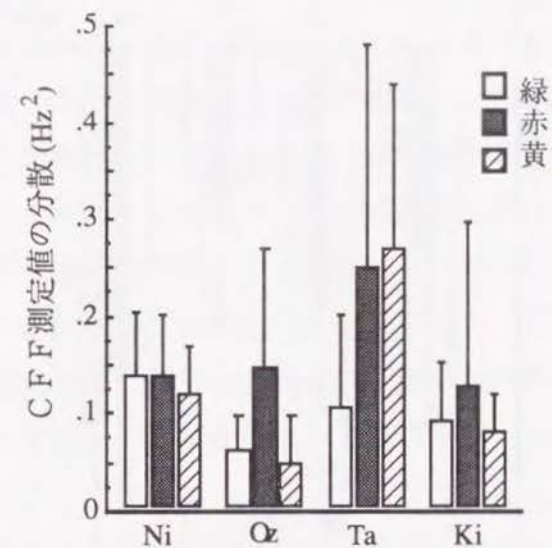


図2-8(b) 光源色の違いとCFF測定値の分散

ならびに分散の大きさの順序は被験者により異なる。また、色の違いにより変動率および分散の大きさに差があるかどうかを検定したところ、ほとんどの場合、有意差は認められなかった。これらのことは調整法1による測定の場合についても同様のことがいえた。したがって、測定の精度と変動率の大きさの点からは光源の色を限定することはできなかった。

(6) 単眼と両眼CFF

どの被験者の場合も作業前および作業後のCFF測定値は両眼CFFのほうが単眼CFFよりも高かった。

図2-9(a)は単眼CFFと両眼CFFの測定値の変動率である。単眼CFFの右眼と左眼の変動率の平均値と両眼CFFの変動率の大きさを比較すると、両眼CFFのほうが負の方向に大きい傾向はみられるが、単眼CFFと両眼CFFの変動率の間に有意差は認められなかった。また、分散の大きさにも図2-9(b)に見られるように有意差は認められなかった。これらのことから、単眼CFFと両眼CFFの変動率の大きさや測定の精度には顕著な差はない。

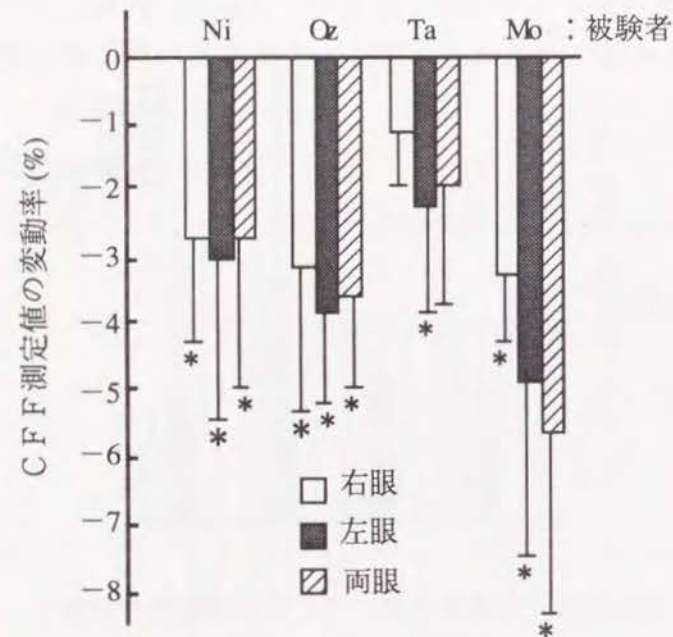


図2-9(a) 単眼CFFと両眼CFFの測定値の変動率
(極限法, 作業B, 検査光光源の輝度は 530 cd/m^2 ,
光源の大きさは視角 1° , 光源の色は緑,
*は統計的に有意な低下をしたものを示す. $p < 0.05$)

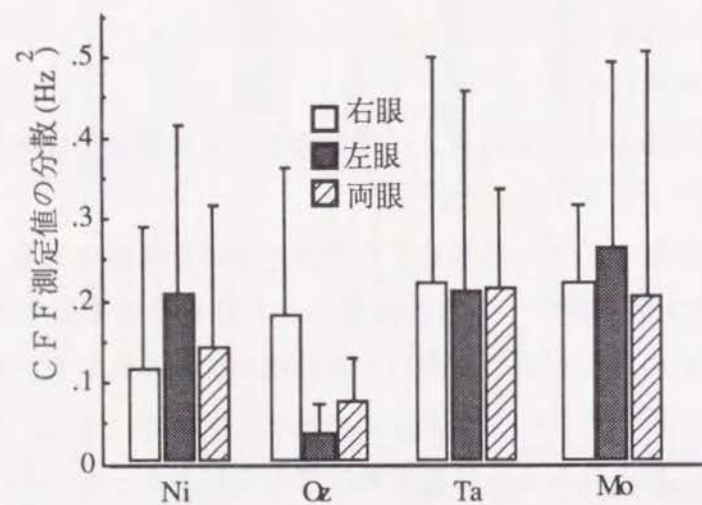


図2-9(b) 単眼, 両眼CFF測定値の分散

現行のCFFの測定方法や条件は, 検査光光源の見え方や点滅の判断のしやすさなどから決められている. もちろん光源の見え方や点滅の判断のしやすさはCFFを測定するうえで重要な条件であるが, CFFで作業による負担の程度を推定する場合はCFFの変動量に意味があるので, ここではCFFの測定方法や条件の検討を変動率の大きさの点から行なった. また, いくら変動率が大きくても測定の精度が悪いと好ましくないので, 精度の点からも検討した. 結果をまとめると次のようになる.

(1) CFFの測定方法としては, 点滅の判断のしやすさから極限法の下降系列がよいとされているが, 精度の点でも極限法がいちばんよいことが確認された.

(2) CFFの検査光光源の条件は周辺を照明した条件下で設定されている⁶⁴⁾. 一方, ここでの実験は周辺を暗黒としたので, これらを直接比較できないが, 光源の周辺を暗黒とした場合にはCFFの検査光光源の輝度は 120 cd/m^2 よりも 500 cd/m^2 付近のほうが変動率の大きさと測定の精度の点で優れている.

(3) CFFの検査光光源の大きさについては, 測定の正確さの点から錐体視による測定をするのがよいとされ, 視角 $0.5 \sim 2.0^\circ$ ⁶⁴⁾とか視角 $0.5 \sim 1.5^\circ$ ⁹¹⁾あるいは見えやすさを考慮して視角 0.4° か 0.5° ⁹⁴⁾がよいとされている. 確かに, 視角 2.5° と 1° とでは視角 2.5° のほうが測定の精度は低かったが, 視角 1° と 0.5° とでは視角 1° のほうが変動率は大きい傾向が見られた. これらのことから, 検査光光源の大きさは視角 1° 付近とするのがよい.

(4) CFFの検査光光源の色が緑, 黄, 赤のいずれの場合も, 色の違いにより測定の精度や変動率の大きさに有意な差は認められず, 一定した傾向も見られなかった. 光源の色はいずれの色でもよい.

(5) 単眼CFFと両眼CFFの間に, 測定の精度や変動率の大きさに有意な差は見られなかった. したがって, どちらのCFFを用いても作業負担の程度の推定は同程度にできる.

2.3 自覚症状とCFF測定値の相関¹⁰⁰⁾

VDT作業についていろいろな自覚症状調査がなされていることはすでに述べた。自覚症状の程度と生理機能の低下との関連を知ることは、VDT作業の負担要因を解明する上で重要であるばかりでなく、生理機能の測定値から負担の程度を推定するのに有効である。また、VDT作業に従事している作業者の疲労の程度や疲労回復は、一連続作業時間長と休憩時間長の影響をうける¹⁰¹⁾ため、作業時間長と負担の関係をj知することは重要である。

本節では作業負担の程度を主観評価により定量化し得られた主観評価値とCFF測定値の間の相関について検討し、CFFの有効性を検証する。さらに、このCFFを作業負担の評価指標として用いて長時間作業による負担の程度の測定例を示し、作業時間の長さが疲労回復に及ぼす影響について考察する。

2.3.1 実験方法と条件

VDT作業の時間と内容

主観評価値とCFF測定値間の相関を見る実験では図2-10に示すように、各1時間の作業を午前3回、午後3回被験者に行わせた。午前の作業を作業1、2、3、午後の作業を4、5、6とする。各作業の休憩時間は15分としたが、この時間内にCFFの測定と自覚症状に関する質問を行ったので、被験者が全く自由な休憩時間は約5分であった。作業3と4の間には昼休みを1時間おいた。このような作業を5日間続けて実施した。

作業内容は作業1、3、5と作業2、4、6とで異なるようにした。作業1、3、5はVDT画面に提示した2文字の漢字熟語の正誤をキーボードより入力させる作業である。1画面に熟語を10行4列提示した。図2-11はその提示画面の一部である。もう一方の作業2、4、6の作業内容は、画面に提示した5文字の英数字列とテキストに印字した5文字の英数字列とを比較し、文字が異なる場合は画面上の文字を消去させる作業である。英数字列は

時刻	作業と休憩	生理機能の測定と 自覚症状の調査
9:00		
	作業1	←*
10:00	休憩	←*
10:15		←*
	作業2	
11:15	休憩	←*
11:30		←*
	作業3	
12:30	昼休み	←*
13:30		←*
	作業4	
14:30	休憩	←*
14:45		←*
	作業5	
15:45	休憩	←*
16:00		←*
	作業6	
17:00		←*

図2-10 1日の作業の時間帯

(1) 数量 [0]	(2) 発動 [0]
(5) 大広 [X]	(6) 名簿 [0]
(9) 握力 [0]	(10) 限期 [X]
(13) 横断 [0]	(14) 不要 [0]
(17) 硫黄 [0]	(18) 压力 [0]
(21) 教満 [X]	(22) 作図 [■]

図2-11 作業1、3、5の画面の一部

	1	2	3
1	3SXUJ	N Q5W	GI M
2	3 D	IPZL	SMGYC
3	3BB7S	PT8CU	3FIDC
4	3ELM2	SC4P7	1TH7P
5	XN2U8	CIABO	NOU8A

図2-12 作業2, 4, 6の画面の一部

の画面の一部を図2-12に示す。なお、画面に提示した漢字熟語あるいは英数字列は1画面ごとに異なったものとし、提示内容に対する馴れの効果を極力小さくした。

次に、一日の総作業時間長の違いによる作業負担の程度については、1日の作業時間長が4時間と6時間の作業を、それぞれ5日間連続して被験者に行なわせた。どちらの作業時間長の場合も一連続作業時間長は1時間とした。休憩時間は4時間作業の場合、作業と作業の間に30分、昼休みに90分とし、6時間作業の場合はそれぞれ15分と60分とした。この2通りの作業時間長のVDT作業を被験者に行なわせ、負担の程度と回復の早さを生理機能と主観的疲労感の測定値により比較検討した。

作業負担の主観評価

被験者は図2-13に示すような主観評価尺度図上に自覚症状の程度を記入した。この尺度図上には7段階のカテゴリが設けてあり、各カテゴリの尺度化は系列範疇法で行った。被験者の自覚症状に関する質問項目の選択は予備実験（一連続作業時間が

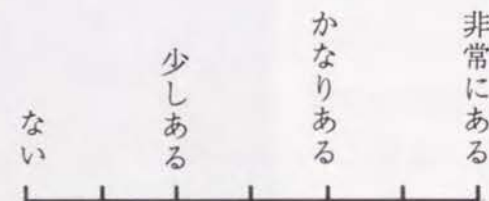


図2-13 主観評価用の尺度図

30分、60分、90分の作業を3人の被験者に、1日6時間の作業を1人の被験者にそれぞれ5回ずつ行わせた）により行った。予備実験の結果、選択された質問項目を表2-1に列挙した。この表を見ると、目に関する症状の項目が圧倒的に多く、腰や肩に関する項目も見られたが、手や指の症状に関する項目は見られなかった。

なお、表2-1の*印を付した項目は予備実験から得られたものではなく、後の本実験中にある被験者から出された訴えから追加したものである。この項目については質問を受けていない被験者もある。

作業負担の程度を推定するために作業前後にCFFを測定し、その変動を求めた。両眼CFFを作業前後とも5回ずつ測定し、その平均値をCFF測定値とした。

表2-1 自覚症状の質問項目

ものが二重に見える	目が熱く感じる
ものがぼけて見える	まぶしい
ものがすぐはっきり見えない	目の痛み
ものが違う色に見える	目の乾き
視力が落ちた感じ	目の疲れ
視点が定まらない	* 下まぶたが痛い
画面の背景に文字色の補色が見える	* 上まぶたが痛い
	* 上まぶたが重い
頭がふらつく	肩こり
ぼんやりする	背中が痛い
集中力がない	腰がだるい
疲れ	体がだるい
眠気	* 唇が乾く
作業中の眠気	* 作業中イライラする

観視条件

観視条件は以下の通りである。

視距離：約40 cm，俯角：約15～20°

照明：天井蛍光灯（高演色ランプ）と北側天空光

水平面照度：約250～700 lx

鉛直面照度：約140～400 lx

VDT画面の大きさ：14インチ（三菱キャラクタディスプレイM3478-1）

文字色：緑（P22），背景色：黒

文字輝度：約30 cd/m²

文字輝度は画面中央に縦2文字×横3文字（縦約11 mm×横約8 mm）のプロックパターンを文字色で発光させ、その発光部の平均輝度とした。輝度の測定にはミノルタルミナンスメータnt-1°を用いた。

被験者

被験者は21才から34才の男性5人である。彼らの視力および色覚（東京医科大式色覚検査表による検査をした）は正常であった。彼らには作業ならびにCFF測定の予備練習を充分行わせた。

2.3.2 実験結果と検討

（1）自覚症状

作業後の自覚症状の愁訴率を図2-14に示した。愁訴率の最も高かった症状は「疲れ」と「目の疲れ」であり、序章で見た調査結果で高い愁訴率を示した項目がここでも同様に高い愁訴率を見せた。また、「肩こり」に対する愁訴率も高かったが、これは5日間の全作業期間において作業前から肩こりを訴えていた被験者が2人いて、当然彼等は作業後に毎回肩こりを訴えたからである。したがって、図2-14に見られる肩こりの訴えのすべてが作業によるものとは言えない。

これらの症状に次いで愁訴率の高かったのは「視力が落ちた感じ」、「ものがすぐはっきり見えない」、「ものがぼけて見える」といった眼の調節機能に強く関係していると考えられる症状に対してで、愁訴率は約50%であった。また、作業が単調であったためか、「眠気」や「作業中の眠気」の訴えも約50%あった。

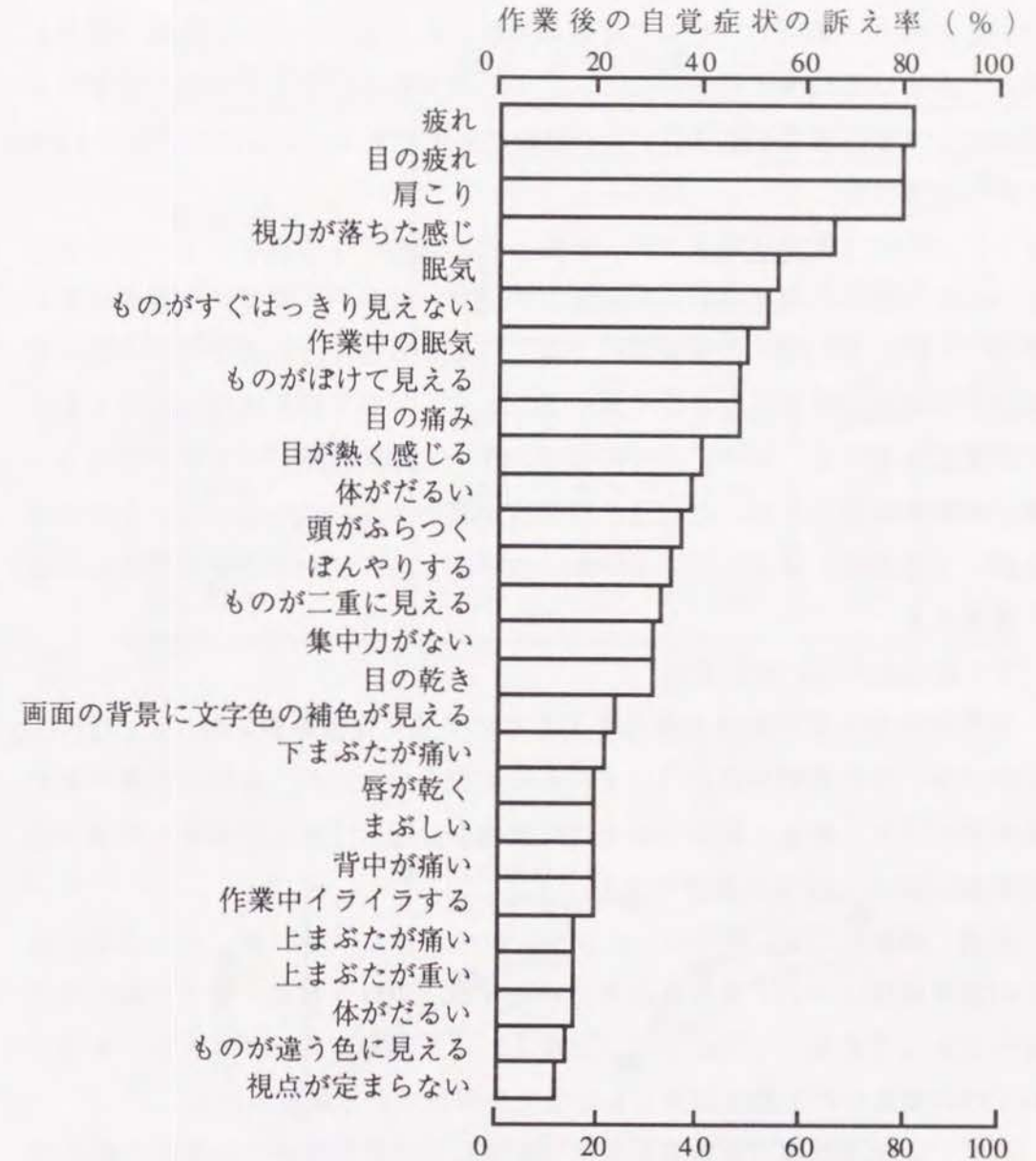


図2-14 作業後の自覚症状の訴え率

次に、「頭がふらつく」、「ぼんやりする」、「集中力がない」といった中枢系の疲労に強く依存すると思われる症状に関する愁訴率は約30～40%で、さらに、「画面の背景に文字色の補色が見える」といった色覚の異常に関した訴えは約20%と低かったが、この色残像効果による不快感を軽減するためには文字の輝度や色についての検討が必要である。これについては4.3節で詳しく述べる。

さて、この自覚症状調査では「作業中の眠気」や「作業中イライラする」といった作業中の症状を訴えた被験者がいた。従来の調査では作業後の症状を問うものが多いが、作業後だけでなく作業中の症状の程度やその症状が作業のどの時点で自覚されたかを調べることは、VDT作業疲労の様相を知る上で重要と考える。また、この作業中の症状を作業後聞いても思い出せない場合が多数観察された。これはその症状が軽いから忘れたということもあろうが、「忘れる」あるいは「思い出せない」というひとつの症状ではないかと推測する。

(2) 自覚症状の主観評価値

自覚症状の主観評価値を算出するための共通尺度値を表2-2に示した。この表では一部の質問項目についてのみ尺度値を示したが、全体的に見て各自覚症状が「少しある」程度の場合は尺度値2付近、「かなりある」の場合は尺度値3.5から4付近と推定できる。

なお、表2-2には5段階のカテゴリしか示されていないが、それはほとんどの質問項目について主観的疲労感の程度が「かなりある」までの範囲内であったからである。したがって、尺度上には5段階のカテゴリを設ければVDTの作業負担の主観評価用としては充分利用できると思われる。

さて、主観評価値（被験者全員の平均値）と作業の経過との関係を図2-15に見ると、「疲れ」、「目の疲れ」および「視力が落ちた感じ」に対する主観評価値はいずれも午前中の作業が進行するに従い上昇し、昼休みでいったん作業1の前付近まで回復した。その後、午後の作業が経過するに伴い再び評価値上昇の傾向が見られた。特に、この評価値上昇の程度は作業1および

表2-2 共通尺度値

質問項目	カテゴリー				
	少しある			かなりある	
	ない				
疲れ	0.00	1.06	1.88	2.91	4.02
目の疲れ	0.00	0.95	1.69	2.69	3.69
視力が落ちた感じ	0.00	1.10	1.82	2.76	3.66
ものがすぐ はっきり見えない	0.00	1.09	1.84	2.97	-
ものがぼけて見える	0.00	1.13	1.91	3.13	-
目の痛み	0.00	1.26	2.03	3.09	-

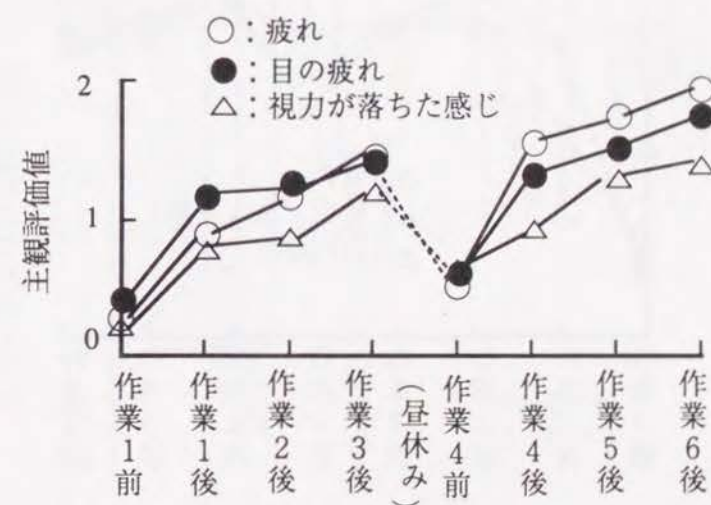


図2-15 作業の経過と主観評価値（被験者全員の平均値）

作業4の後が最も大きく、「疲れ」と「目の疲れ」の評価値は作業4の後に早くも作業3の後とほぼ等しくなった。これらの結果から全体的に言えることは、主観的疲労感（作業が経過するにつれて増加し、その増加の程度は午前あるいは午後の最初の作業後が一番大きかったことと、1時間の昼休みにより疲労回復の効果が見られたことである。

もちろん被験者により各質問項目に対する主観評価値の大きさ、作業の経過にともなう評価値上昇の程度ならびに昼休みの効果の大きさはいずれも異なった。例えば、被験者Niの場合を図2-16に見ると、「疲れ」や「目の疲れ」の評価値上昇の程度が作業1、4の作業後で一番大きい点は全体的な傾向と同じであるが、その後の作業の経過にともなう評価値上昇の傾向は顕著でなかったし、昼休みの効果も他の被験者ほど大きくなかった。

なお、午前の作業開始直前の主観評価値が0でなかったのは、前日の疲労が翌日になっても完全には取り除かれていなかったためと思われる。

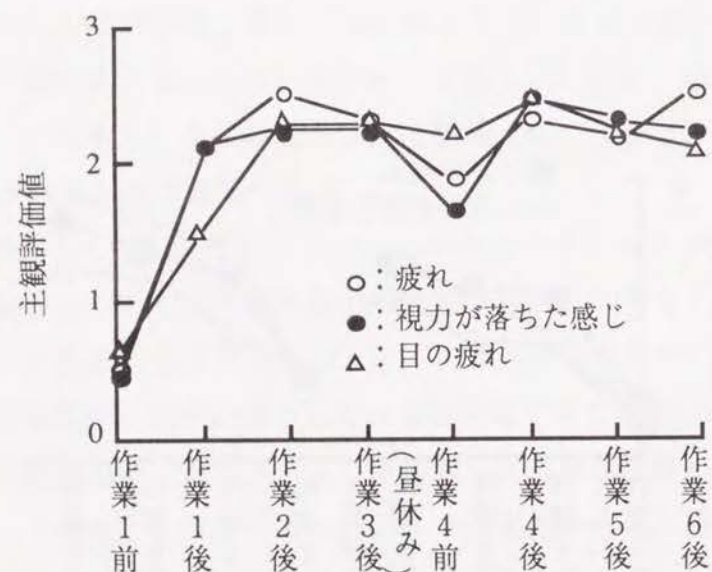


図2-16 作業の経過と主観評価値 (被験者Ni)

(3) C F F 測定値の変動

C F F 測定値の変動率を次式で算出した。

$$\text{C F F 測定値の変動率} = \frac{M a - M b}{M a} \times 100 (\%)$$

$M a$: 作業1, 2, 3 (作業4, 5, 6) の作業後の C F F 測定値

$M b$: 作業1 (作業4) の作業前の C F F 測定値

図2-17に示すように C F F 測定値の変動率は負で、統計的にも有意な低下が認められた。この図から次の2つのことがいえる。第1に、作業の経過と C F F の変動率の大きさとの関係を見ると、C F F 変動率は作業の進行とともに大きくなる傾向があり、疲労の蓄積して行く様子が客観的に測定されていると思われること、第2に、午前と午後とで C F F 変動率の大きさが異なる

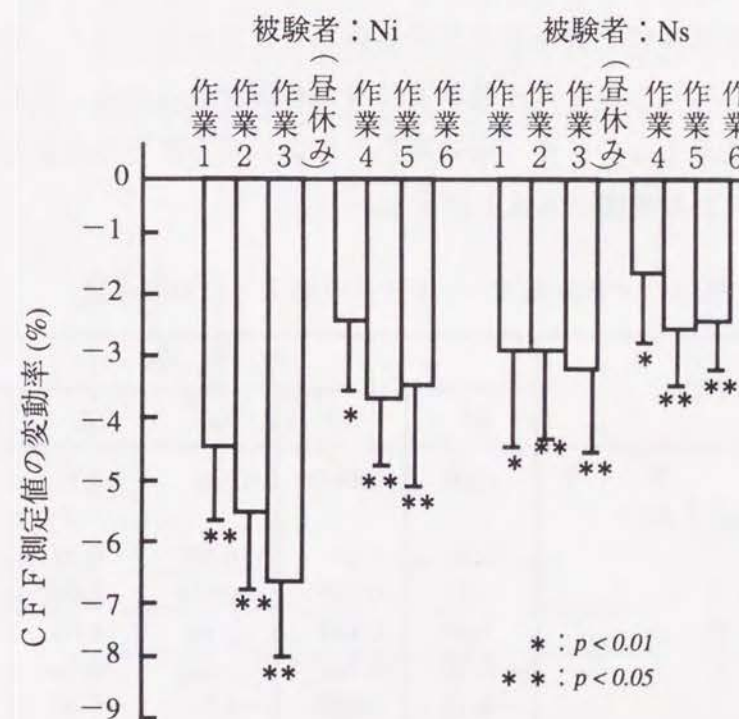


図2-17 作業の経過と C F F の変動率

るが、これは1時間の昼休みでは疲労が十分に回復しなかったためにCFF測定値が充分上昇せず、変動率で見ると午後の方が小さくなったと考えられることである。

(4) 主観評価値の変動量とCFF変動率との相関

疲労感に関する主観評価値の変動量を次式で定義した。

$$\text{変動量} = S_a - S_b$$

S_a : 作業1, 2, 3 (作業4, 5, 6) の作業後の主観評価値

S_b : 作業1 (作業4) の作業前の主観評価値

そして、この変動量とCFF変動率との相関係数を算出したのが表2-3である。この係数の値は以下の説明の便宜上、算出された係数に-1を乗じた値である。したがって、相関係数が正であれば、主観的疲労感の増加とCFF測定値の低下との間に正の相関があるということになる。表2-3に見られる通り、CFFは「頭がふらつく」や「ぼんやりする」といった精神疲労とそれにとまなう自律神経失調を推定させる症状と正の相関が強く、特に、「頭がふらつく」に対しては2人の被験者に有意相関が見られた。また、「ものがすぐはっきり見えない」や「目の疲れ」に関しても正の相関が見られ、一般的な眼精疲労とも相関があると言える。

表2-3 主観評価値とCFFの変動率との相関係数

質問項目	被 験 者				
	So	Ni	Ta	Mo	Ns
ものがすぐはっきり見えない	0.00	0.94**	0.46	0.51	0.00
目の痛み	0.27	0.15	-0.50	0.30	0.29
目の疲れ	0.35	0.83*	-0.75#	0.90*	0.43
眠気	0.43	0.76#	-0.10	0.09	0.21
頭がふらつく	0.40	0.74#	0.80*	0.56	0.00
疲れ	-0.12	0.85*	-0.71	-0.42	-0.54
体がだるい	0.21	0.43	0.75#	-0.35	0.59
ぼんやりする	0.60	0.24	-0.42	0.56	0.20

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, # : $p < 0.10$

(5) 作業疲労の回復過程における作業時間長の影響

図2-18にCFF変動率の1例を示す。CFFの低下はいずれの被験者の場合も統計的に有意であった。1日の作業終了直後のCFF変動率について4時間作業と6時間作業とで有意な差は認められなかったが、CFFの低下量は6時間作業よりも4時間作業の方が小さい傾向が見られた。

次に、主観評価について4時間作業と6時間作業とで疲労感の程度を比較した。その例を図2-19に見ると、被験者Ni以外では4時間作業の方が6時間作業の場合より評価値は小さく、被験者Nsには有意差も見られた。図2-14に挙げた目の疲れや全体的な疲れ以外の項目に関しても4時間作業の方が評価値が小さい場合が数多く見られた。

回復の早さを見るために、作業終了直後のCFF変動率と作業後の各経過時間でのCFF変動率とを比較した。それらの変動率について差の検定を行ったところ、図2-20の被験者Taの6時間作業では作業終了後60分経過してもCFF変動率間に有意差は見られなかったが、4時間作業では作業終了15

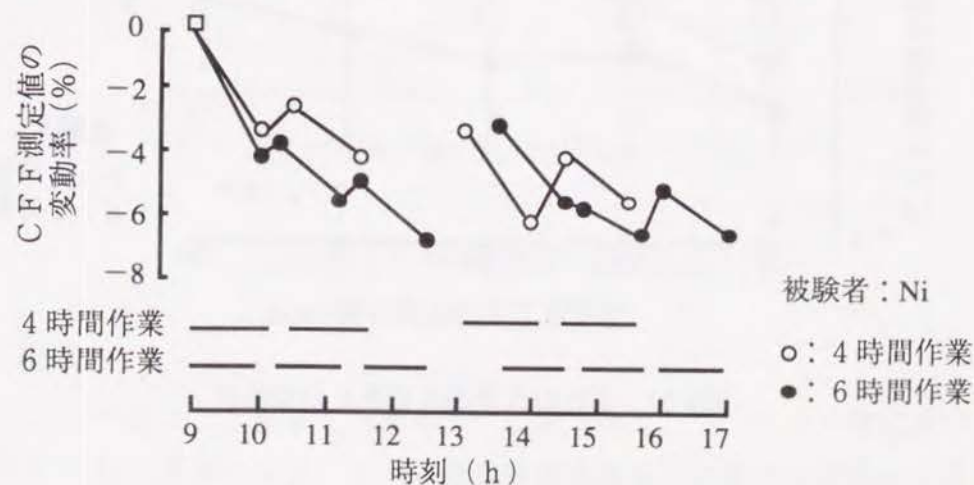


図2-18 作業期間中のCFFの変動率

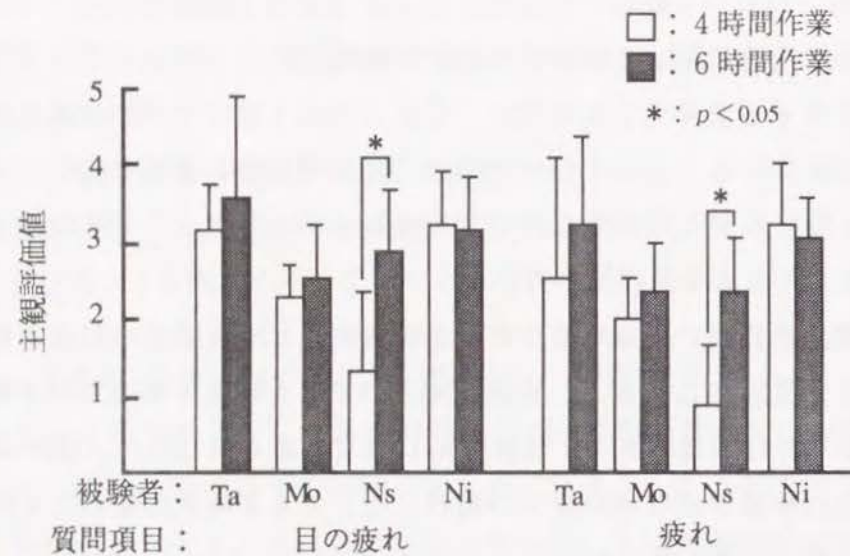


図2-19 1日の作業終了直後の主観評価値

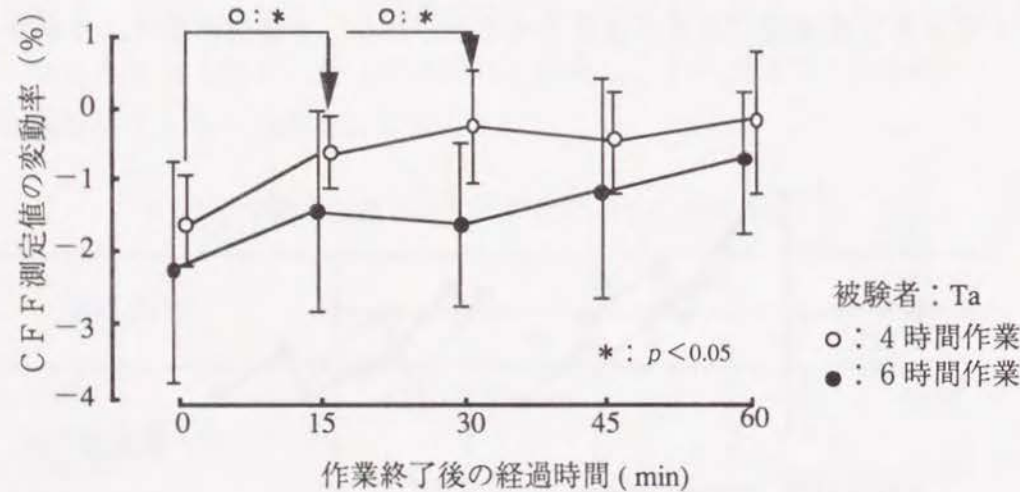


図2-20 1日の作業後のC F Fの変動率

分後に有意差が見られた。また、被験者Moの場合、6時間作業では被験者Taと同様、作業後60分経過してもC F F変動率間に有意差は見られなかったが、4時間作業では30分後に有意差が見られた。したがって、C F F変動率で見るかぎり1日の作業終了後の疲労回復の早さは4時間作業の方が6時間作業の場合よりも早いと言える。

次に、1日の作業終了後の主観評価値の変動の1例を図2-21に示した。4時間作業および6時間作業のどちらの場合も主観評価値は休憩時間の経過に伴い低下（疲労回復）する傾向が見られ、4時間作業の場合は作業後30分後に有意な低下を示したが、6時間作業の場合は60分経過しても有意な低下を示さなかった。このような回復傾向の違いは全体的にも多く見られ、6時間作業の場合よりも4時間作業の場合の方が疲労回復は早いと言える。

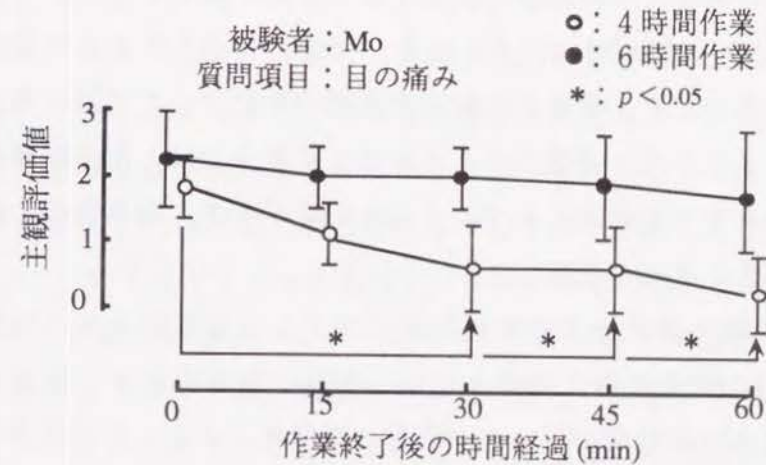


図2-21 1日の作業後の主観評価値

2.5 結言

フリッカー値は脳皮質の活動水準と相関があり、フリッカー値の低下は視覚系を含む知覚連合皮質における視覚情報処理能力の低下を意味するとされている。こうした生理学的意義づけをもとに、C F Fは作業負担の程度を推定するのに有利な指標であるとして広く産業現場で利用されてきた。測定

装置に関してはセクター式の検査装置についての規格はあるが、光源点滅式の装置に関しては何もないままセクター式の規格に準拠した形で運用されてきた。光源点滅式の装置に関する測定法、測定条件ならびに主観的な疲労感との関係についての詳しい検討はこれまでなされていなかった。

この章では、負担評価指標としてのCFFの測定方法ならびに条件について、負担の検出力と測定精度の点から検討し、現行の測定法を補う条件をいくつか明確にした。次に、CFF測定値と主観的な疲労感の関係を検討し、両者に相関のあることを確認し、評価指標としてCFFが利用可能であることを明確にした。さらに、VDT作業時間の長さが生理機能の回復に与える効果について述べた。結果をまとめると次のようになる。

(1) CFFの測定方法としては極限法が一番よいことが確認された。

(2) 測定条件に関しては、光源の周辺を暗黒とした場合にはCFFの検査光光源の輝度は500 cd/m²付近がよいこと、検査光光源の大きさは視角1°付近とするのがよいこと、CFFの検査光光源の色については緑、黄、赤のいずれの色でもよいこと、単眼CFFと両眼CFFとでは、測定の精度や変動率の大きさに有意な差はみられず、どちらのCFFでも作業負担の程度は同程度に推定できることが判明した。

(3) CFFは精神疲労と自律神経失調に関する自覚症状と高い相関があり、かつ一般的な眼精疲労に関する症状とも高い相関のあることがわかった。また、1日の作業時間が短い方が疲労の程度は小さく、回復も早いことは常識的に考えられることであるが、CFFの測定値ならびに主観評価値のいずれからこのことが改めて確認された。

第3章 VDT表示文字の認知と可読性

3.1 緒言

本章ではVDT画面に表示する英文字の文字色の違いが認知に及ぼす影響と罫線付加の効果について検討した。また、漢字表示の可読性と作業負担について評価するため、ひらがな混じり漢字文とカタカナ文との読取りやすさならびに読取りによる負担の程度を比較検討した。

VDT画面に表示される文字はドットで構成され、その可視性や可読性はドットの大きさやドット間隔、文字構成のドット数、色などに依存する。英数字の文字の高さ、幅、高さとの比率、字画の太さ、フォント、文字間隔ならびに行間隔についてはすでに詳細な検討が行われている^{23),102)}。これに反して、色を使用することで作業者の注意を喚起したり、他の文字との識別を容易にすることで情報をより正確に伝達するのに効果があることは想像に難くないが、その利用法に関しては必ずしもはっきりした結論が得られていない。ANSIのガイドラインを見ると、文字と背景の色差が最低100ΔE (CIE Yu'v') あることと述べているだけで²³⁾、他の色との識別のしやすさが色の選定基準となっている。画面の色は文字色だけでなく背景色との関係で選定をすることが必要であるが、研究者により対象とした配色が異なったりしているため明確な基準は示されていない。これまでに明らかにされている好ましい配色は、一般的な経験と照らし合わせて、背景黒に文字色白あるいは背景色シアンに文字色緑とされている。しかし、これらの配色が作業者の負担をどの程度低減できるかは明らかでない。

色の違いが文字の認知に要する時間にどの程度の効果を持っているかは必ずしもはっきりしていない。また、文字に罫線を付加して視認性を強調することがよくあるが、この場合の文字の読取りに与える効果についてもはっきりしていない。罫線を付加することで他の文字との区別がしやすくなる反

面、罫線が文字の読取りを妨害する可能性がある。このような理由から本章では文字色の違いが認知に及ぼす影響と文字に罫線を付加したときの効果について検討した。

画面に表示される文字は英数字、漢字、カタカナ、平仮名など種々ある。日本語表示の読みやすさは、漢字の形状や大きさに影響されるのはもちろんであるが⁶⁵⁾、日本語表示には漢字の他にカタカナ表示も頻繁に利用される。カタカナ表示は一画面に表示する情報量を増やすことができるといった理由で使用されるが、作業負担の点から検討して果たしてそれが他の漢字表示と比べて遜色無いのかといった問題が残されており、これらの視認性のみならず読取りによる負担についても検討した。

3.2 英文字の認知知覚

カラー表示にすることでモノクローム表示に比べてより多くの情報を表示でき、また一般に読取りも容易になることは想像に難くない。しかし、単に文字表示に限るとすればモノクローム表示よりも特に優れているとも言えない可能性がある。この節ではカラー英文字を短時間提示したときの正読率を測定し、表示色の効果と罫線の効果について検討した。

3.2.1 実験方法と条件

実験の項目と目的は次の通りである。

(1) 無意味つずりのアルファベット大文字をカラー表示し被験者に読取らせる。呈示時間を変えて正読率を測定する。この実験で呈示文字の色を変えてみるにより、どのような色が読みやすいかを調べる。

無背景に1文字呈示の場合と3文字呈示の場合を設定し、いずれの場合も管面中央の定位置に呈示する場合と画面のランダム位置に呈示する。

(2) 背景としてCRT管面上一面(25行×31列)に無意味つずり文字を表示しておき、その中の一つを他の色の文字で置き換えて、その文字が何であることを被験者に読取らせる。置き換え呈示する時間を可変にして(1)と同様に正

読率を測定する。背景に同一文字を呈示した場合(一様背景)と任意のアルファベット大文字を25行×31列に呈示した場合(ランダム背景)を設定した。

背景文字の色に対してどんな色のテスト文字が読みやすいかをこの方法で調べる。また、このような背景のなかにテスト文字を呈示するような表示をモノクロームで行おうとする時、呈示文字に罫線を付加して見えやすくするというのが普通の考えであると思われるので、この実験でカラー表示とモノクローム罫線付加表示を比較する。

実験装置

マイクロコンピュータ(三菱Melcom80)とカラーCRT文字表示装置(三菱キャラクタディスプレイM4378-1)を用いて実験した。表示できる文字はアルファベット、数字、および記号、表示文字の色は緑、赤、白の三種である。文字の周囲に白色の罫線を付加することが出来る。表示時間はフレーム単位で可変設定できるようになっている。1フレームは20 msecである。

被験者

被験者は女子2人、男子4人の学生である。うち女子2人はある程度の子供練習により訓練した。色覚はいずれも正常である。近視の者はコンタクトレンズなどにより視力補正した。

実験条件

被験者はVDTに向って正面に座る。あらかじめ最も読みやすい位置を探させたが、管面から60 cm付近であった。

天井には色温度約5000 KのEDLタイプの蛍光灯がついており、管面付近の水平面照度は約200 lx、管面に対する鉛直面照度は約70 lxである。

作業は1時間ないし1時間半実験を続けたあと、20分ほど休ませた。

3.2.2 実験結果と検討

無背景の場合

(1)図3-1はアルファベット1文字を、無背景の管面上定位置（管面中央）に呈示した場合の、呈示時間と正読率の関係を示す。これは被験者A（女性）についての結果であるが、他の被験者についてもほぼ同様の結果で、20 msの呈示時間でほとんど100%正読する。また呈示文字の色による差は認められない。

図3-2は無意味つずり3文字を、同じく管面中央に呈示した場合の結果を

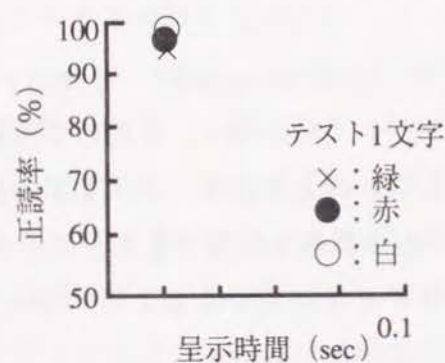


図3-1 アルファベット1文字を定位置に呈示したときの正読率

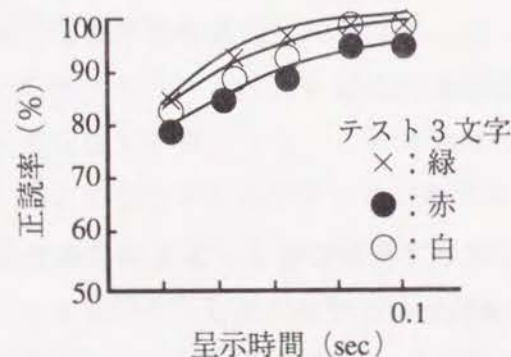


図3-2 無意味つずり3文字を定位置に呈示したときの正読率

示す。3文字全部を正読した場合の正答率を求めた。この場合でも20 msで80%は読取れており、100 msではほぼ100%正読される。緑、白、赤の順でいくらか読取りの速さに差異があるようである。

(2)図3-3はアルファベット1文字をCRT管面上のランダムな位置に呈示した場合の呈示時間と正読率の関係を示す。これは被験者B（女子）についての結果であるが、他の被験者についても結果はよく似ている。この場合は呈示時間の増加とともにS字状の曲線を描いて正読率が上昇する。150 msほどの呈示で約50%正読される。呈示文字が緑と白とではほとんど差が見られないが、赤だけはやや読取りが遅い。緑と白の文字は約250 msの呈示でほぼ100%読取れる。

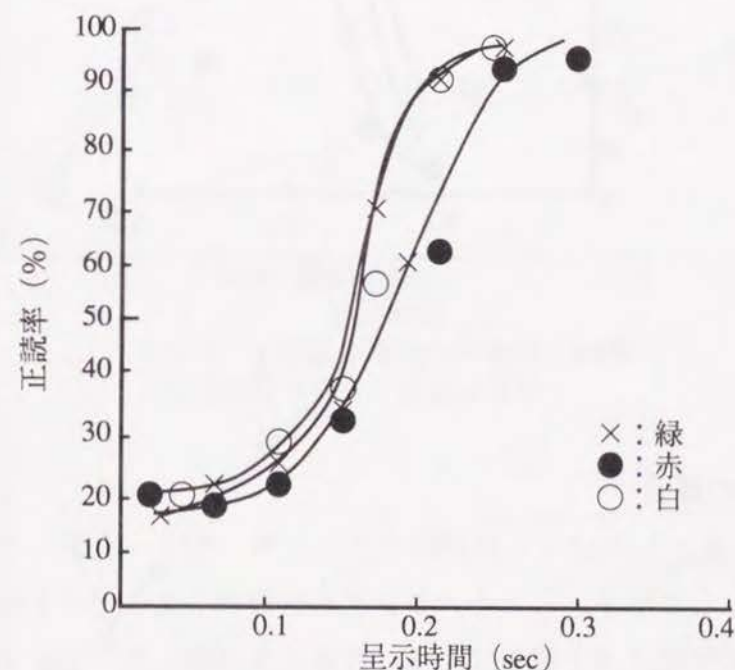


図3-3 アルファベット1文字をランダム位置に呈示したときの正読率

図3-4は無意味つずり3文字をランダム位置に呈示した場合の結果である。上昇の傾向は1文字の場合とよく似ている。これは被験者Aのデータで、被験者Aは他の者に較べて読取りが少し速いが、曲線の形状はいずれの

被験者についてもほぼ同様である。

被験者A, Bのようにある程度訓練されると実験結果には比較的良好な再現性のあることが認められる。

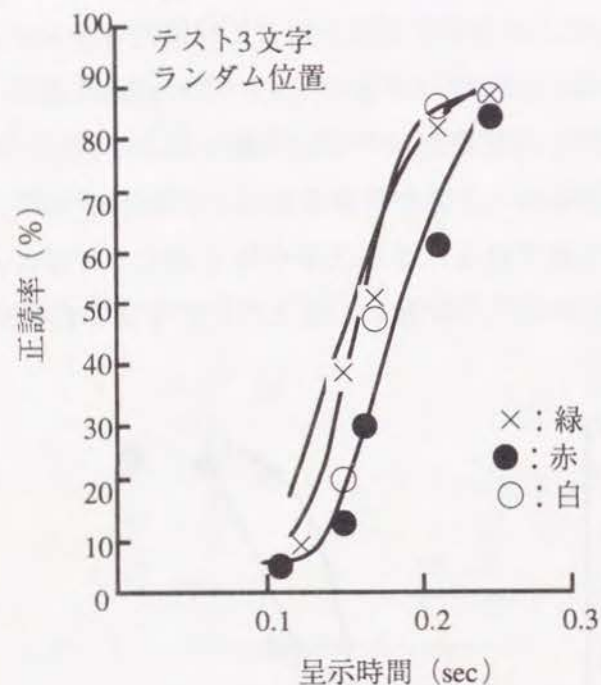
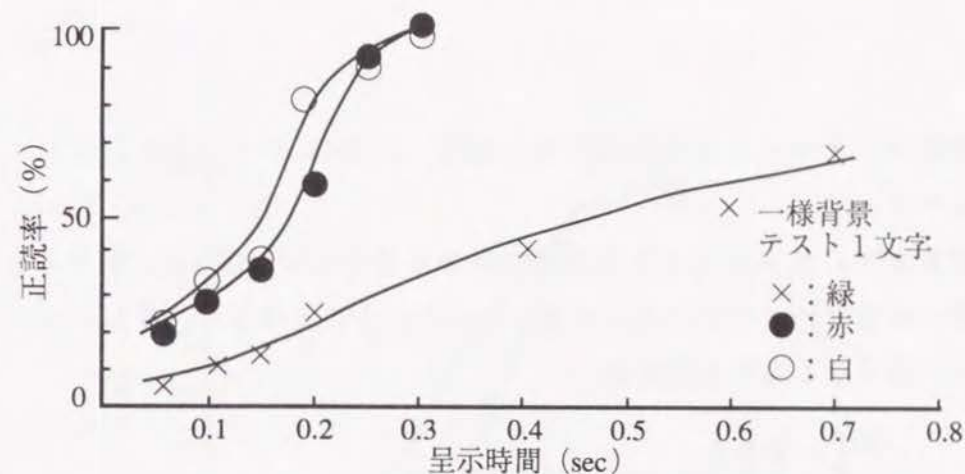


図3-4 無意味つづり3文字をランダム位置に呈示した時の正読率

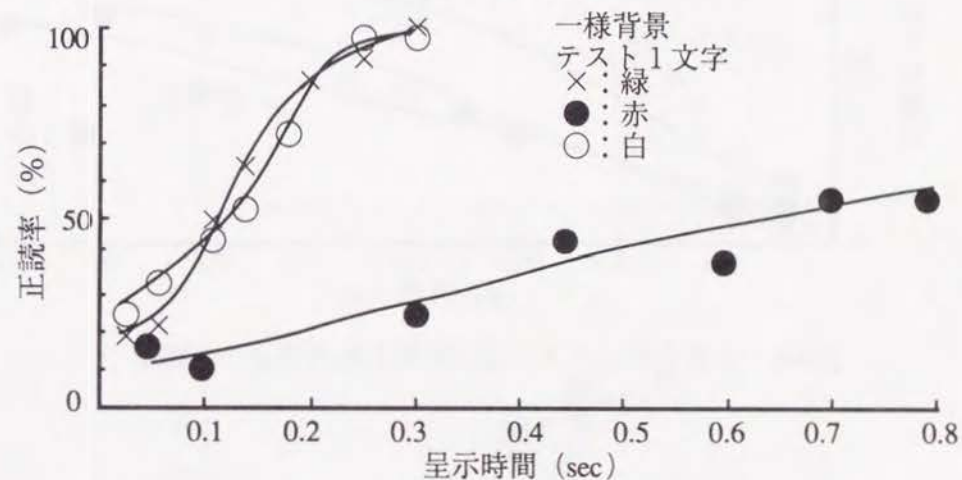
一様背景の場合

図3-5は背景として25行×31列にわたって同一色同一文字（アルファベットB）を表示しておき、この中のランダム位置の1文字だけを他の文字に置き換えて読ませたテスト結果である。背景文字の色、テスト文字の色ともそれぞれ緑、赤、白の3通りに変えて測定した。なおここに掲げたデータはいずれも被験者Bのものである。

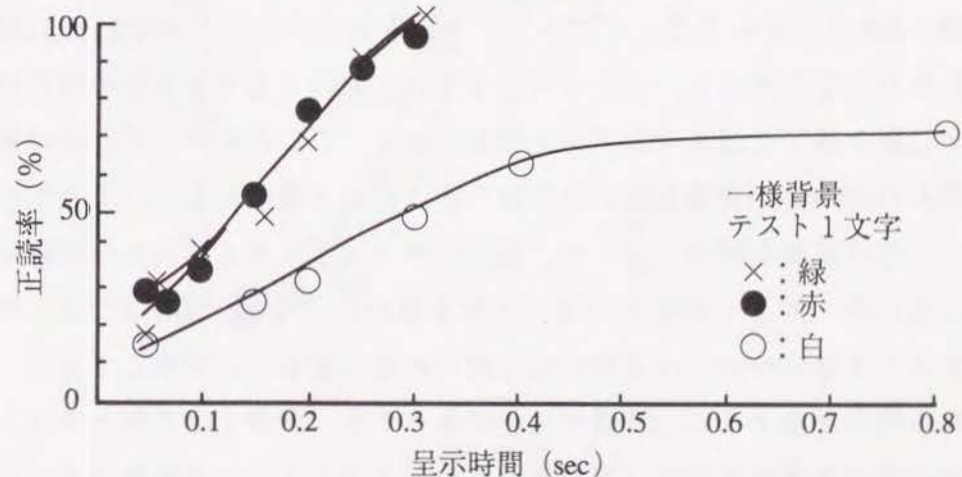
当然のことながら、背景文字の色とテスト文字の色が同じ場合には極端に読取りが困難である。一方、背景文字とテスト文字の色を変えた場合は明らかに読みやすくなり、曲線の立上がりの様子は無背景表示の場合とよく似ている。



(a) 背景色: 緑



(b) 背景色: 赤



(c) 背景色: 白

図3-5 一様背景にテスト1文字をランダム位置に呈示した時の正読率

背景文字とテスト文字が同じ色の場合、図3-6に示すように白がいくらか読みやすい。

背景文字の色とテスト文字の色の異なる場合には、図3-7に示すように無背景の場合と比べても読取りが遅くなるということはなく、むしろ(a)に示すように速くなる場合すらある。

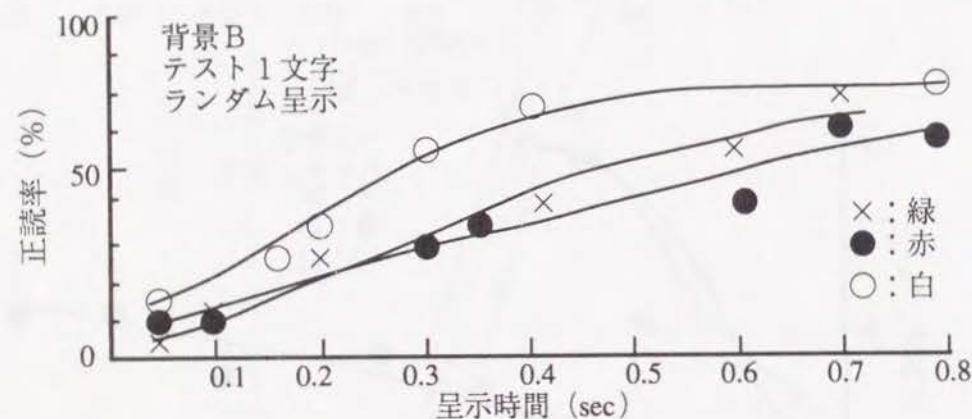
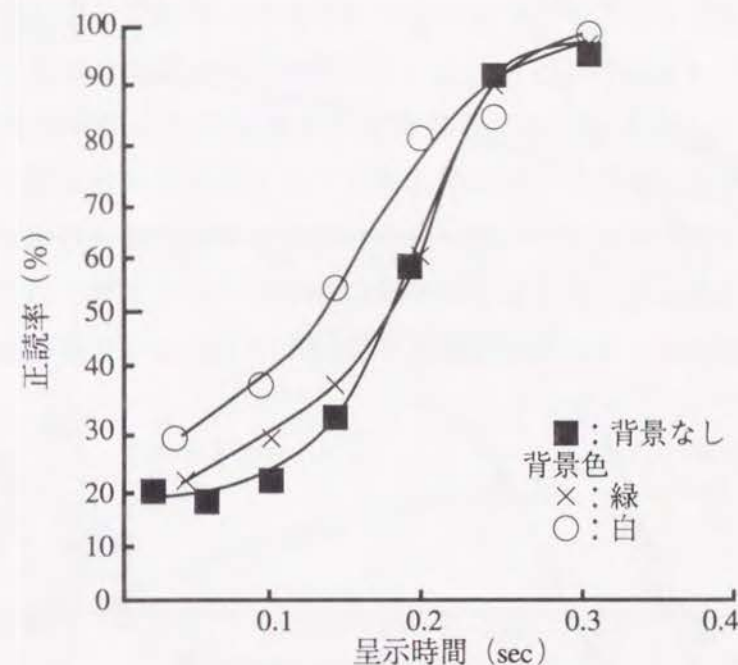


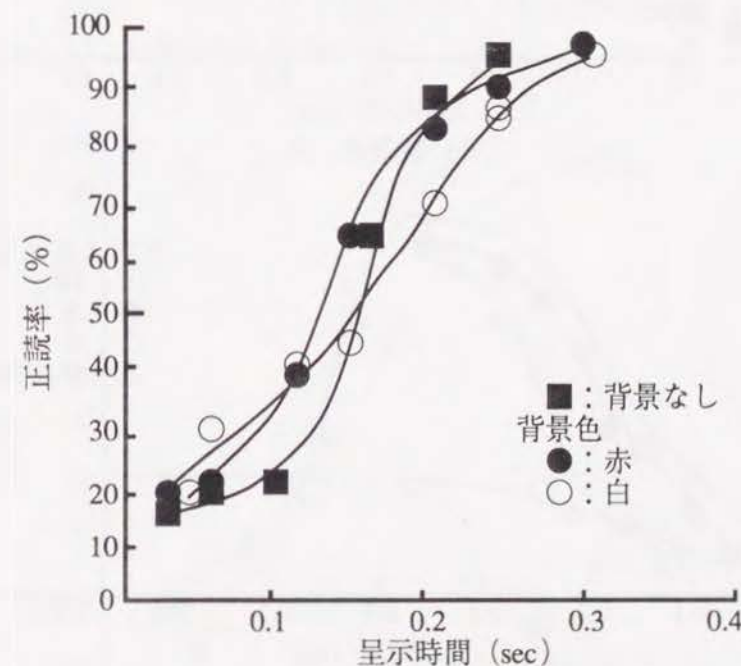
図3-6 背景文字とテスト文字が同じ色の場合の正読率

ランダム背景の場合

図3-8はランダムに選んだアルファベット大文字を同一色で25行31列に配置したものを背景とし、この中のランダム位置の1文字をある時間だけ他の文字に置き換えて読ませたテスト結果である。ここに掲げたデータは被験者Bのものである。背景文字の色を緑、赤、白の3種類に変え、またテスト文字としては罫線を付加しない赤、緑、白の3文字、および白色の罫線を周囲に付加した、同じく3種類の色の文字を用いた。なお、図3-8では、罫線付のテスト文字については背景色と同一の色の場合だけが示してある。この図から明らかなように、背景が何色であっても、背景文字の色とテスト文字の色が異なる場合の方が、背景と同じ色のテスト文字に罫線を付加した場合よりも読みやすい。特に背景が赤色でテスト文字が緑または白の場合と罫線付の赤の場合との差がきわ立っている。

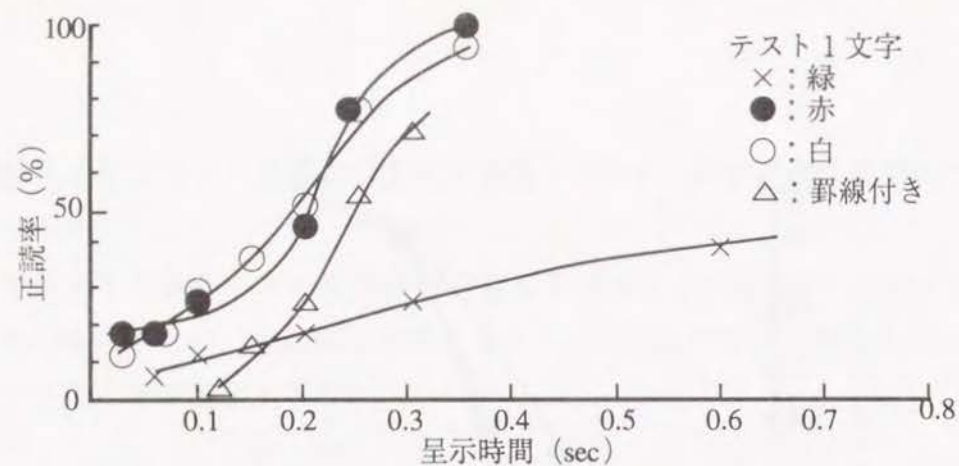


(a) テスト文字：赤

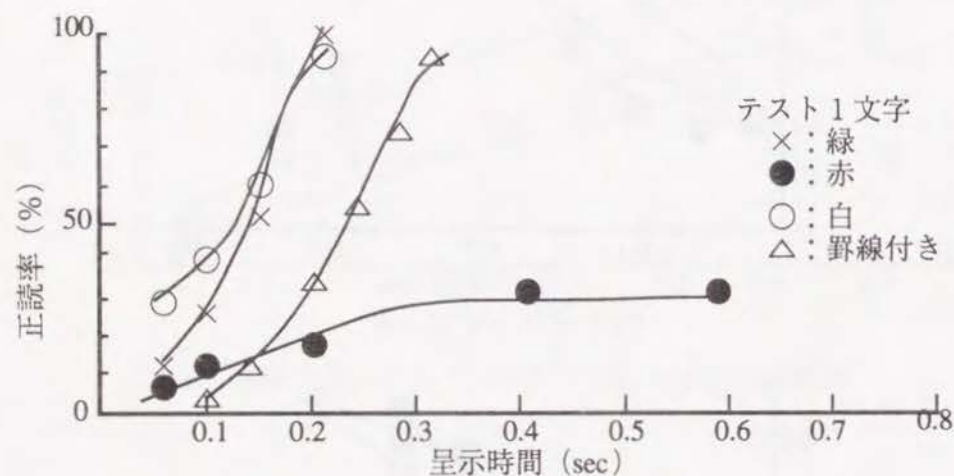


(b) テスト文字：緑

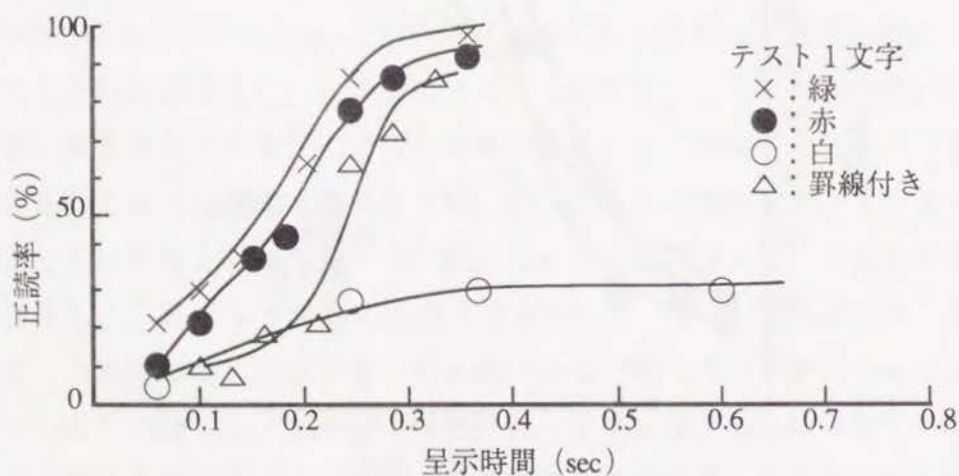
図3-7 背景文字とテスト文字の色が異なる場合、および無背景の場合の正読率



(a) 背景色: 緑



(b) 背景色: 赤



(c) 背景色: 白

図3-8 ランダム文字背景にテスト1文字をランダム位置に呈示したときの正読率

背景文字に対して罫線のつかないテスト文字が同じ色の場合は極端に読みにくい。この場合は図3-9に示すように色による差はほとんど認められず、また呈示時間をいくらか増加しても正読率はある程度以上には高くない。これは置き換えられたテスト文字を発見する機会が、置き換え呈示の開始の瞬間に限られるためである。

次に、背景文字とテスト文字の色が異なる場合に、無背景のときと比べて可読性に差があるかどうかを示したのが図3-10である。この図に見られるよ

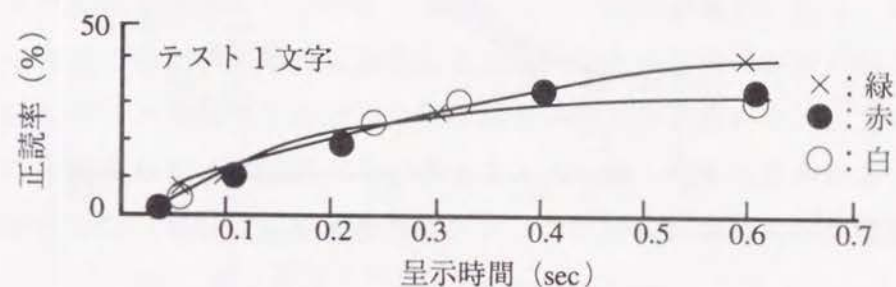
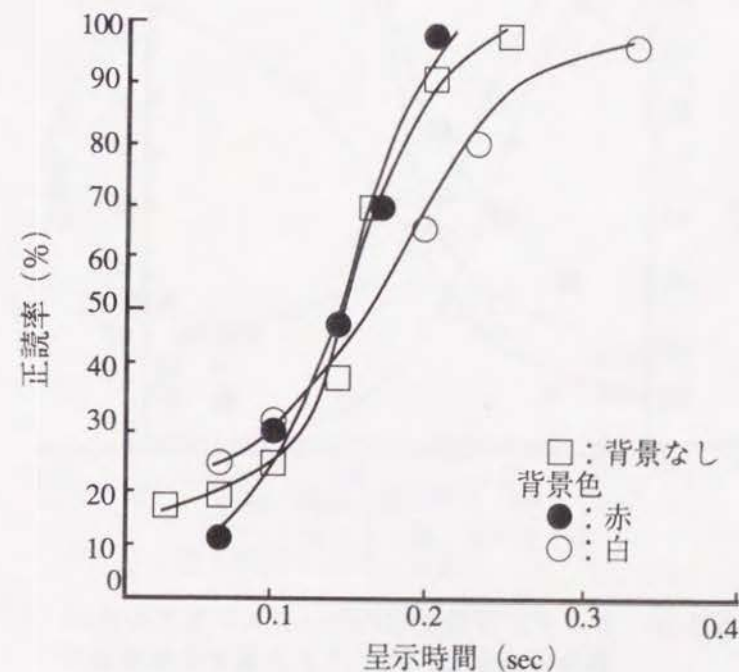
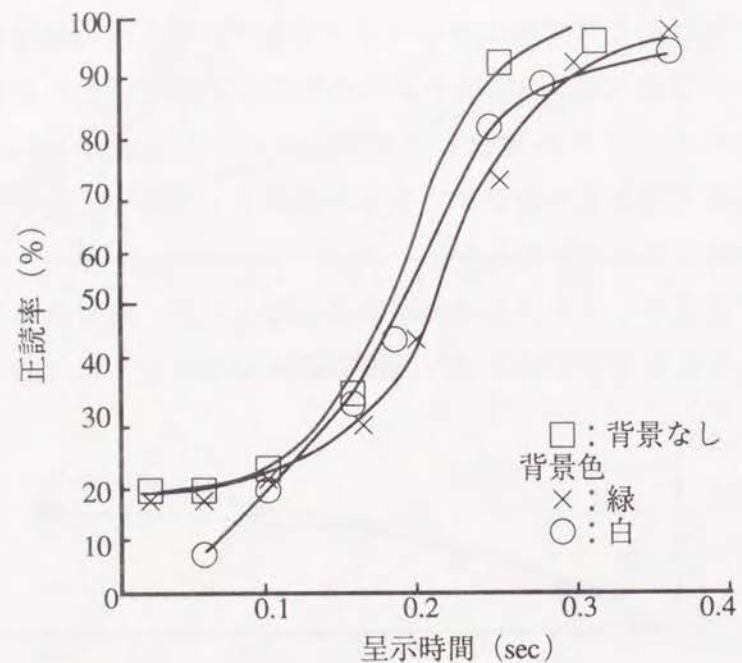


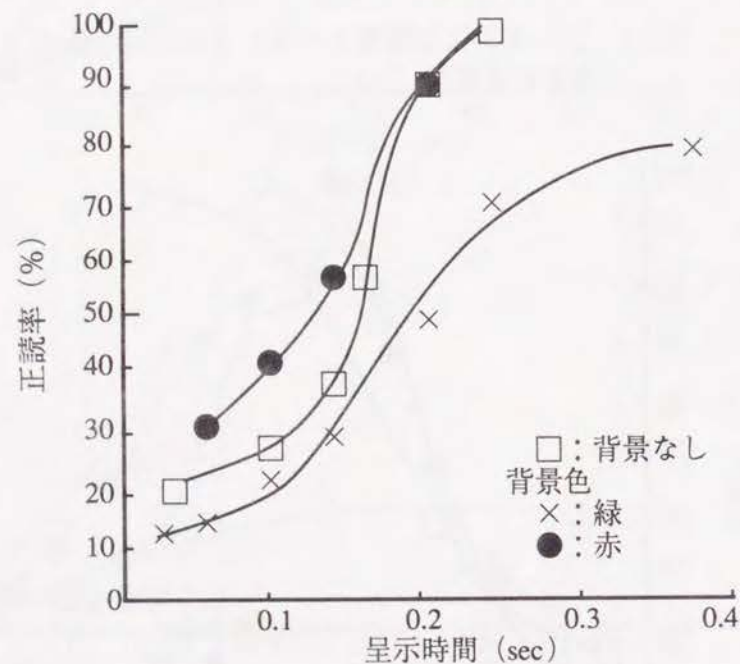
図3-9 ランダム文字背景とテスト文字が同じ色の場合の正読率 (%)



(a) テスト文字: 緑



(b) テスト文字：赤

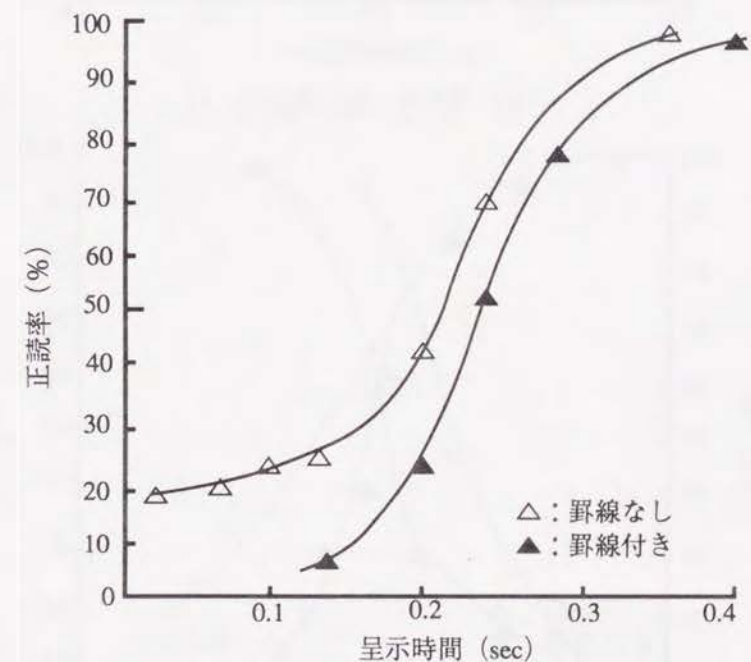


(c) テスト文字：白

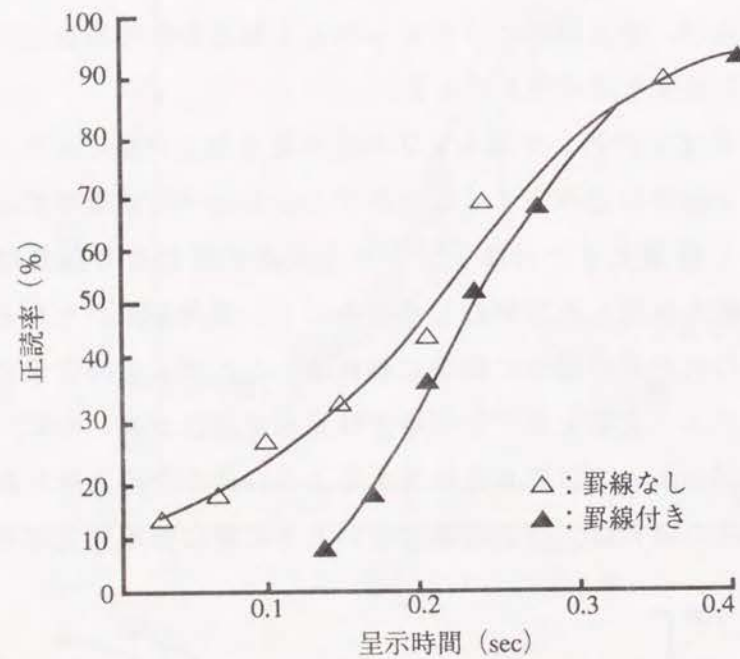
図3-10 ランダム背景文字の色とテスト文字の色が異なる場合と、同じテスト文字を無背景で呈示した場合の正読率

うに、背景文字の白とテスト文字の色が緑と白というように似通っている場合には、同じテスト文字を無背景で呈示した時よりもいくらか読取りの速くなる傾向があるが、赤と白のようにはっきりと異なる色の場合には読取りの速さは無背景の場合とほぼ同じである。

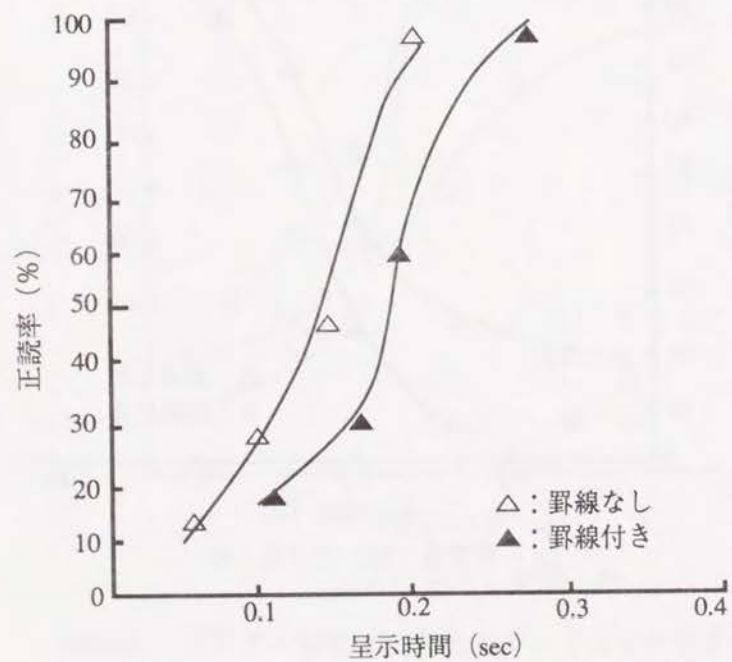
図3-11は背景文字の色とテスト文字の色を違えた上でさらにテスト文字に罫線を付加した場合に読みやすくなるかどうかを調べた結果である。この結果からすると、背景文字とテスト文字の色の組合せにより差異はあるものの、一般に罫線を付加した方がむしろ読みにくい傾向が認められる。この傾向は特に背景の色が赤の場合に顕著に現れる。これは赤色の背景に対して緑あるいは白のテスト文字を呈示した場合は元来可読性が高いのに、文字周囲の白色の罫線がかえって読取りを妨害するように働くためと思われる。背景が緑あるいは白の場合は、呈示時間の短いときに特に罫線付文字が読取りに



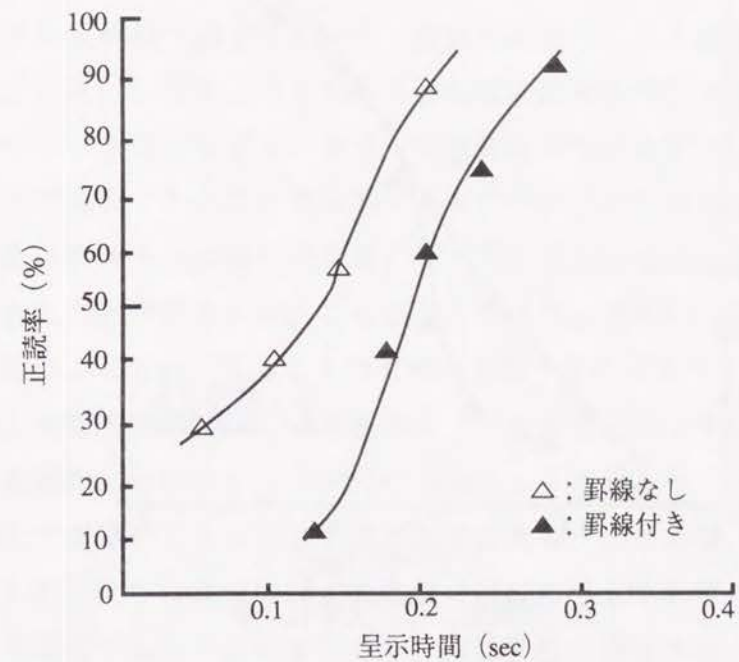
(a) 背景色：緑、文字色：赤



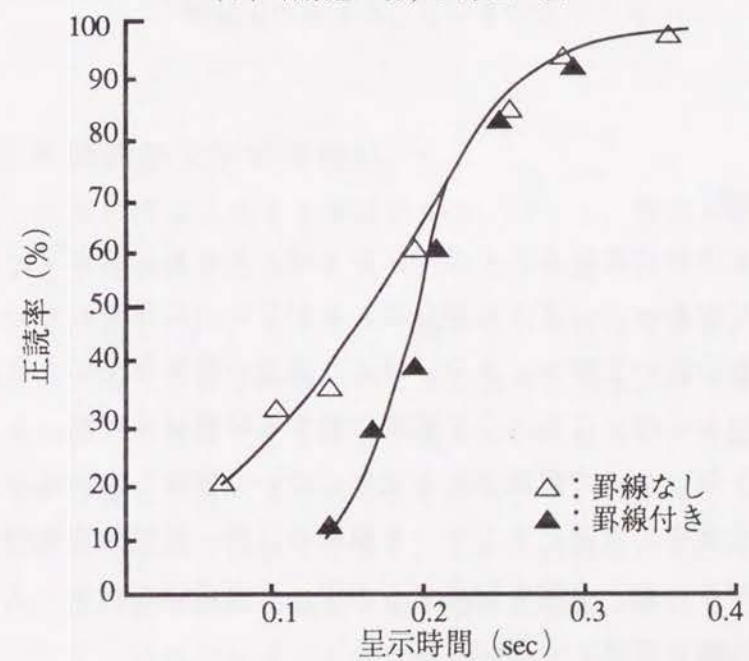
(b) 背景色：緑，文字色：白



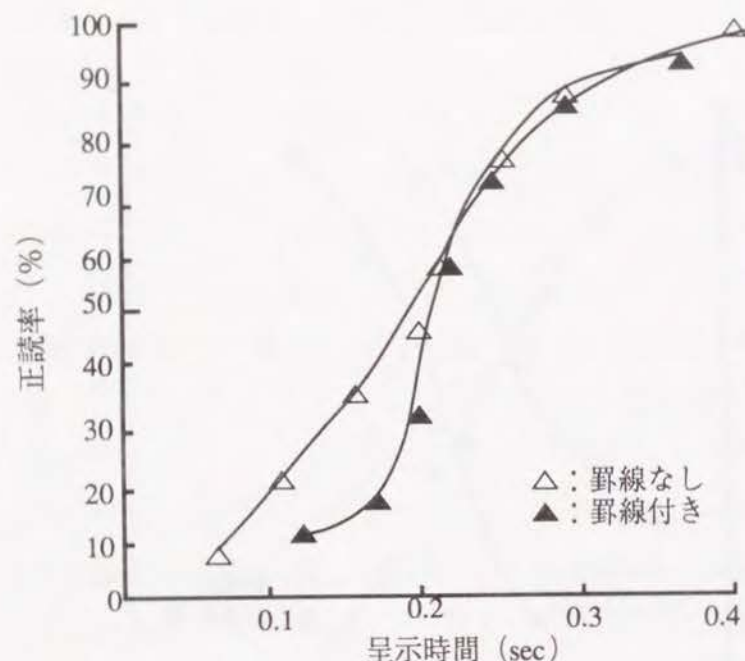
(c) 背景色：赤，文字色：緑



(d) 背景色：赤，文字色：白



(e) 背景色：白，文字色：緑



(f) 背景色：白，文字色：赤

図3-11 ランダム背景中に罫線なしと罫線付きのテスト文字を呈示したときの正読率

くい。

誤読文字の傾向

誤読の傾向は常識的に推定される通で、OとQ、EとF、TとY、KとXなどが混同されやすかった。またQがOに、YがTに、KがXにというように、より使用頻度の高い文字へ、あるいはより構造の簡単な文字へと読み違えられる傾向が強かった。このような誤読に関する研究は多いが、VDTのようなドットマトリックスで構成される文字について検討した例は少ない。伊藤はVDT表示文字の誤認によるデータ解析の結果、視覚的特徴因子として文字形状の広がり方向、文字を形成する水平、垂直成分のバランス、ならびに文字形状の外観を挙げている¹⁰³⁾。

以上、読取り速さという簡単な測度で、カラーCRTによる表示文字の認知度を測定した結果について検討した。ここで得た結果のうち、背景中にテスト文字を呈示した場合において、背景と同色のテスト文字に罫線を付加したものよりも、背景とテスト文字の色を違えたものの方が明らかに読取りが速かったということなどは、カラー文字表示がモノクローム表示に比べて可読性の点で有利であることを示唆するもののように思われる。また、罫線を付加しないテスト文字の色が背景の色と同じ場合に極端に困難なことは当然予想されたことではあるが、このことはやはり、情報の内容の区別や変化を色の区別によって表示することの有利さを示すものであろう。

ただし実際の表示にはこの実験のように短時間で消失するものではなく、もっと長時間にわたって呈示が続けられたときの読みやすさを、何か別の測度で表して測定して見ることも必要と思われる。たとえば、次章で詳しく述べるように、文字の注視時間が色残像の持続に与える影響や、第5章ならびに第6章で述べるように好ましさや、作業負担の少なさといった要因を総合的に判断して、最適な色を選定する必要がある。

3.3 日本語表示文字の可読性¹⁰⁴⁾

VDT画面に表示される文字はアルファベット、数字、カタカナ、ひらがな、漢字と多種多様である。これらのうち、前節ではアルファベットの認知度について検討したが、カタカナや漢字表示の読みやすさについては検討できていない。近年、日本語表示のできる端末も増え、日本語表示の方法としてひらがな混じり漢字文とカタカナ文が用いられるが、日頃我々が使用するのはひらがな混じり漢字文であることから、この表示法の方がカタカナ文による表示法にくらべて読取りやすく、しかも読取りの負担も少ないことが推定される。この節ではこの推定を確かめるために、VDTにおける日本語表示方法として、ひらがな混じり漢字文がカタカナ文よりどれ位読みやすいかについて検討した。

3.3.1 実験方法

テスト文字

表3-1に示すテスト文字を14インチのVDT画面に提示した。テスト文字"1行熟語"，"問題"は画面中央に横1行に，テスト文字"10行熟語"は図3-12に示すように画面全体に表示した。"1行熟語"，"10行熟語"については1刺激中のある熟語が他の刺激中の熟語と重複しているものもある。1回の実験についてこれら300あるいは30種類の刺激の全部を継時的に被験者に提示した。

文字寸法は，漢字およびひらがなでは横約4mm×縦約6mm，カタカナでは横約2mm×縦約4mmである。表示面積比にすると漢字（ひらがな）対カタカナは約3：1である。また，行間隔は"漢字10行熟語"では約7mm，"カタカナ10行熟語"では約9mmである。このように漢字とカタカナとでは文字の大きさが異なるが，このような寸法の漢字とカタカナとで，一画面に表示した情報量はほぼ等しい。すなわち，以下の実験は，面積あたりの情報量の等しい漢字表示とカタカナ表示の間の比較実験である。

表3-1 テスト文字

テスト文字		刺激の種類
(1) 漢字1行熟語	漢字2文字からなる熟語11語を1行に配列表示	300
(2) カタカナ1行熟語	(1)と同じ内容をカタカナで表示	300
(3) 漢字10行熟語	漢字2文字からなる熟語110語を10行に配列表示	30
(4) カタカナ10行熟語	(3)をカタカナで表示	30
(5) 漢字問題	ひらがな混じり漢字文で簡単な問題を1行表示	300
(6) カタカナ問題	(5)をカタカナで表示	300



(a) 漢字10行熟語



(b) カタカナ10行熟語

図3-12 テスト文字

読取り速さと読取りの正確さの測定

(1) テスト文字"1行熟語"と"10行熟語"については，短い電子音の直後に刺激文字が提示されると同時に，被験者は電子ストップウォッチのスタートボタンを押し，ただちに1刺激の終りまで黙読する。読了と同時にストップボタンを押す。この間に要した時間を読取り時間とし，読取り速さの測度とした。この中にはボタンを押すまでの反応時間が含まれていて，厳密には読取り時間とはいえないが，読取り速さの比較には充分と判断した。

(2) テスト文字"問題"については，ストップボタンを"YES"と"NO"に分け，被験者は読了と同時に問題に対する正否を，いずれかのボタ

ンを押して答える。全刺激に対する誤答率で読取りの正確さの測度とした。誤答率の中には文章の誤読によるものの他に、読了後の判断の誤りやボタンの押し誤りを含む可能性があるが、被験者が判断を誤った、あるいはボタンの押し誤ったと気付いたときは、その場で口頭による訂正をさせて、誤読以外の誤りの発生を極力少なくするようにした。したがって、誤答率の差は主として誤読の差、言い換えれば読みやすさの差異によるものと判断してよいと考えた。

実験条件

観視距離：約60 cm

照明：色温度5000 Kの高演色蛍光ランプと北側天空光

水平面照度：290～480 lx（床上約75 cm）

鉛直面照度：140～320 lx（管面中央）

表示文字の輝度：37 cd/m²（暗黒中で測定）

表示文字の色：緑（P39）

漢字の字体：明朝体

文字の構成：漢字 横24×縦24ドット、

カタカナ 横11×縦19ドット

VDT：14インチキャラクタディスプレイ（M4378-1）

コンピュータ：三菱Melcom80日本語

被験者

被験者は20～23才の男女各3名である。女子の被験者をそれぞれA，B，F，男子の被験者をC，D，Eとする。被験者A，B，D，Fは各テスト文字について5回，被験者CとEは4回実験を行なった。色覚はいずれも正常であり，近視の者は眼鏡またはコンタクトレンズで視力補正をしている。被験者には予備実験によってVDT作業についてのある程度の訓練を施した。

3.3.2 実験結果と検討

（1）漢字とカタカナの読取り時間比

漢字とカタカナの読取り時間の平均値を図3-13に示す。全体的に、漢字の方がカタカナより読取りの速い傾向が見られる。そこで、同一の読みを持つ刺激の漢字の読取り時間 P_i とカタカナの読取り時間 Q_i の比（ P_i/Q_i ）の幾何平均（ P/Q ）を求めたのが表3-2である。この表から、1例（10行熟語：

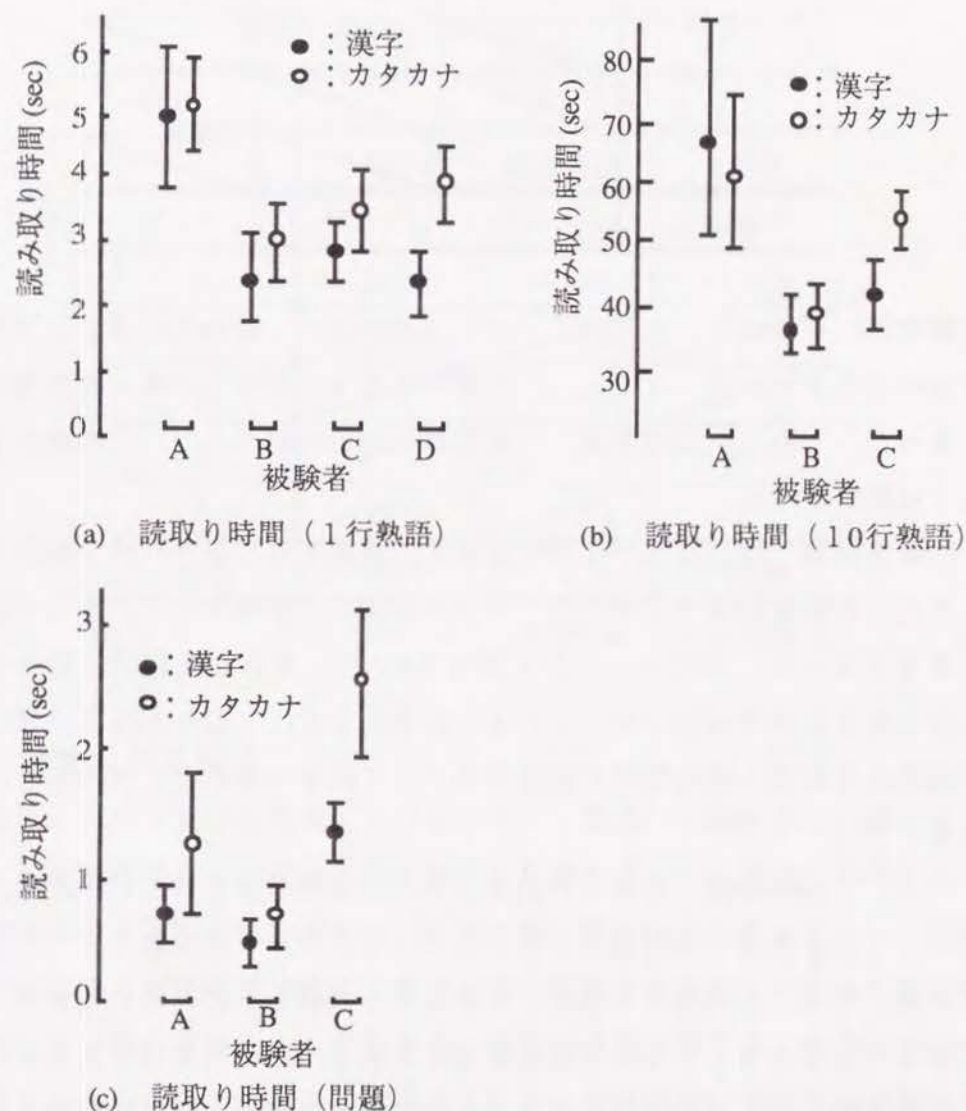


図3-13 読取り時間

表3-2 漢字読み取り時間 P_i とカタカナ読み取り時間 Q_i の比 (P_i/Q_i) の平均値

被験者	テスト文字		
	1行熟語	10行熟語	問題
A	0.96	1.11	0.60
B	0.80	0.96	0.64
C	0.81		
D		0.77	
E			0.50
F	0.58		
総平均	0.79	0.95	0.58

被験者A)を除いて、 P/Q はすべて1より小さく、読取りの速さは漢字の方が速いことがわかる。とくに、“問題”の場合に読取りの速さの差異は顕著であった。一方、“10行熟語”の場合は比較的差が小さい、この理由は次のように推察される。

“漢字問題”は、ひらがな混り漢字文で構成されており、漢字熟語のブロックとこれらを結ぶひらがなのブロックが適当に分割されて、それぞれにまとまりをもった“かたち”として認知され¹⁰⁵⁾、情報が並列的に効率よく取入れられるためではないか。このように考えると、“ひらがな混り漢字文”は視覚系を通じた言語情報の伝達手段として非常に優れたもののように思われる。

一方、“10行熟語”の場合は画面全体に文字が表示されているため、現在読取っている熟語の周囲に表示されている文字が雑音的な働きをして読取りを困難にさせ、この効果が漢字、カタカナの両者ともに同様に現れて、読取り時間の差を小さくさせた可能性が考えられる。この効果は予備実験において自ら体験したものである。また、行間に補色残像が出現して読取りが困難

となる場合があると報告した被験者もあり、これも読取りの遅くなった理由のひとつと考えられる。

漢字とカタカナの読取り時間の差に対する統計的検定を行なった。 $P/Q=1$ ，すなわち $\log(P_i/Q_i)$ の母集団平均=0の統計的仮説の下に、 t 検定を実施した。その結果を表3-3に示す。先に述べた1例を除き、 t 値はいずれも負、かつその絶対値は1%有意水準より大きく、漢字とカタカナの読取り時間には高い信頼水準の有意差が認められた。

表3-3 $\log P_i - \log Q_i$ についての t 検定

被験者	テスト文字		
	1行熟語	10行熟語	問題
A	-7.46	4.84	-44.50
B	-28.53	-4.36	-43.13
C	-34.32		
D		-15.72	
E			-108.47
F	-88.13		
全体	-63.07	-4.47	-87.54

$t_{0.05}=1.96$, $t_{0.01}=2.58$

(2) 読取りの正確さ

被験者はテスト文字を黙読しているため、“熟語”の場合正しく読んでいるかどうか不明である。読取りの正確さを知るために、“問題”の場合について設問に対する誤答率を求めた。結果の例を図3-14に示す。1~2の例外を除き漢字の方が誤答率は低く、情報伝達の正確さにおいても“ひらがな混り漢字文”が優れていることがわかる。誤答率の差に関する t 検定の結果、被験者B、Eについては95%、被験者Aについては90%の信頼水準で有意差が認められた。

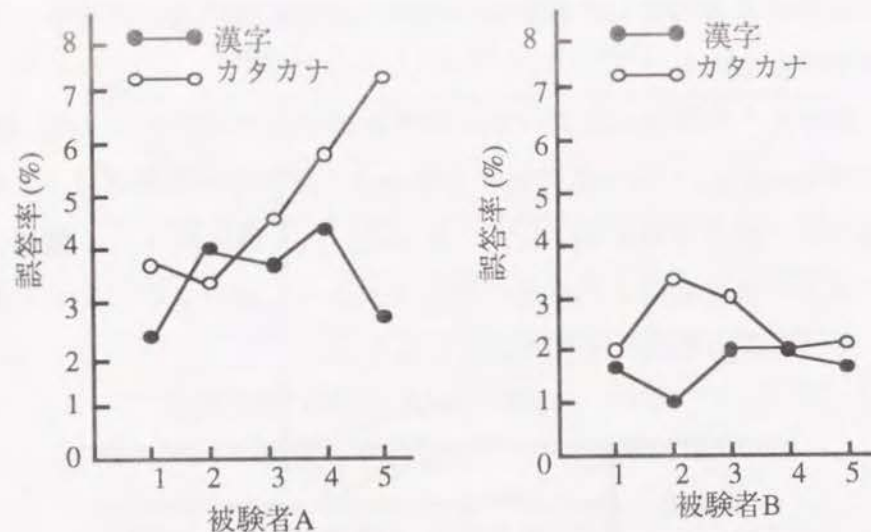


図3-14 問題に対する誤答率

(3) 読取りによる負担

テスト文字観視作業前に測定したCFFの値は43~63 Hzの間に分布している。しかし観視作業後には、CFFは程度の差はあっても例外なく低下した。したがって、2.4.1の定義にしたがって求めたCFF測定値の変動率はすべて負の数値になるが、表3-4では、CFFの変動率の絶対値を求めてある。つまり、数値の大きい方がCFF低下の程度も大きいことを示している。

この表を見る限り、漢字読取り後にくらべてカタカナ読取り後のCFFの変動率が多い。CFFの低下は中枢神経の活動水準の低下によるものとされているが、これによれば、VDT作業によって視覚に関連した神経系の負担が生じること、漢字にくらべてカタカナ読取りの方が、より強い負担になっていることが推測される。これは読みにくいものを読むという、困難な作業を強いられる結果であると思われる。このような傾向はCFF変動率の全被験者についての平均データについても、漢字とカタカナの間で有意水準5% (片側検定) の差が認められた。

CFF変動率の推移に着目すると、全体的に見て漢字読取り後のCFF変

表3-4 漢字およびカタカナ読み取り作業後におけるCFFの低下率 (全実験の場合)

被験者	眼	テスト文字					
		1行熟語		10行熟語		問題	
		漢字	カタカナ	漢字	カタカナ	漢字	カタカナ
A	右眼	10.9	15.5	12.5	15.9	11.8	13.6
	左眼	12.9	14.7	12.1	17.5	12.3	16.2
	平均	11.9	15.1	12.3	16.7	12.1	14.9
B	右眼	7.8	10.8	11.0	13.8	9.5	11.7
	左眼	10.1	11.9	11.0	12.3	10.3	13.7
	平均	8.9	11.4	11.0	13.0	9.9	12.7
C	右眼	6.4	7.4				
	左眼	4.4	7.3				
	平均	5.4	7.3				
D	右眼			9.9	11.3		
	左眼			10.4	11.9		
	平均			10.1	11.6		
E	右眼					7.2	9.4
	左眼					8.3	12.6
	平均					7.8	11.0
総平均		9.0	11.5	11.1	13.8	10.1	13.0

動率は実験回数を重ねても特に大きい変化を示さないが、カタカナ読取り後のCFF低下率は次第に減少し、漢字との差異が小さくなって行く傾向が見られた。これは漢字読取りはもともと容易であるために作業への馴れの効果あまり現れず、一方、カタカナ読取りは困難な作業であるため馴れ効果が顕著に現れたためと思われる。そこで被験者がまだ充分テストに馴れていないと思われる最初の2回について、先と同様の有意差検定を行なった結果

が表3-5である。このように、最初の2回については、漢字読取り後とカタカナ読取り後のCFF変動率の差は極めて明確である。3回目以降でもこの差は残るが、前2回ほど明確でない。このことは充分馴れた作業は困難とは感じられず、負担の程度も小さいという、われわれの持つ経験とも合致する。

表3-5 漢字およびカタカナ読み取り作業後における
CFFの低下率の差の検定（最初の2回の実験；
*は $P<0.05$ で有意なものを示す）

被験者		テスト文字		
		1行熟語	10行熟語	問題
A	自由度	3.35	3.88	3.88
	<i>t</i>	2.499*	2.660*	1.988
	5%の点	2.276	2.159	2.159
B	自由度	5.80	5.87	4.18
	<i>t</i>	2.490*	2.590*	2.487*
	5%の点	1.958	1.952	2.111
C	自由度	4.69	/	/
	<i>t</i>	3.860*		
	5%の点	2.051		
D	自由度	/	4.99	/
	<i>t</i>		2.277*	
	5%の点		2.015	
E	自由度	/	/	5.97
	<i>t</i>			2.900*
	5%の点			1.943
総平均	自由度	13.99	21.00	18.22
	<i>t</i>	3.364*	3.773*	3.589*
	5%の点	1.761	1.721	1.733

3.4 結言

この章では、英文字の文字色の違いが認知に及ぼす影響と罫線の効果、ひらがな混じり漢字文とカタカナ文との読取りやすさ、ならびに読取りによる負担の程度について検討した。結果をまとめると次のようになる。

(1) 背景と同色のテスト文字に罫線を付加した場合よりも、背景とテスト文字の色を違えたものの方が明らかに読取りが速かった。これはカラー文字表示がモノクローム表示に比べて可読性の点で有利であることを示唆する。

(2) 単位面積当りの情報量のほぼ等しい漢字表示とカタカナ表示について、読取り時間ならびに負担の程度を比較すると、漢字表示の方が読取りに要する時間が短く、かつ誤読が少ない。これは特にひらがな混り漢字文の場合に顕著である。

(3) CFFの変動率は漢字読取り作業後の方がカタカナ読取り作業後より小さく、これは漢字表示の方が負担の小さいことを示している。

第4章 VDT画面輝度の評価

4.1 緒言

本章では、VDT陰画表示の文字輝度と陽画表示の背景輝度を作業の好ましさの点より検討している。また、色残像効果の点より負担の少ない文字輝度について検討している。

VDTの表示文字の視認性は第1章で述べたようにVDTの物理的特性と照明環境に依存する。文字の視認性に最も大きな影響を与えるコントラストは管面の発光輝度、管面拡散反射率ならびに管面への入射照度により決まる。

コントラストは文字輝度 (L_c) と背景輝度 (L_b) により規定され、その定義には次の3通りがある¹⁰⁶⁾。

(1) Contrast Ratio あるいは Luminance Ratio

$$Cr = L_c / L_b$$

(2) Contrast

$$C = (L_c - L_b) / L_b$$

(3) Michelson Contrast あるいは Contrast Moduration

$$Cm = (L_c - L_b) / (L_c + L_b)$$

これらのいずれを使ってコントラストを表現してもよいが、計算の最も簡単な(1)式を使って表現する研究者が多く、結果の比較がしやすいのでここでも(1)式を用い、輝度比と呼ぶことにする。

輝度比は文字の読み取り速度や誤り、高輝度物体の映り込みの見え方に影響を与える。また、生理的にはVDT注視時の瞳孔の大きさにも影響する。読み取り速度や誤りは適正な輝度比が確保されれば、表示モードの違いに影響を受けないとか、瞳孔の大きさはVDT画面の平均輝度ではなくてピーク輝度に依存することがわかっている^{107),108)}。また、文字の形態と輝度に関する検討もなされている^{109),110)}。これらVDTの輝度に関する実験結果に加えさらに検討すべき課題は、作業者の心理的效果との関連としての好みの

加えさらに検討すべき課題は、作業者の心理的效果との関連としての好みの輝度と、生理的な観点からは輝度と残像効果の関連である。

次節以降では、VDT作業に好ましい輝度（陰画表示画面の文字輝度と陽画表示の背景輝度）の評価を行なうとともに、視覚負担の少ない文字輝度について色残像時間の長さを測度にして検討した。

4.2 好ましい文字輝度と背景輝度¹⁰⁷⁾

4.2.1 実験方法

VDT画面に提示された文字と背景の輝度について、陰画表示の場合には文字の明るさを、陽画表示の場合には背景の明るさを被験者に調節させ、文字あるいは背景の明るさが

「これ以上明るい作業しづらい」

「作業するのにちょうどよい」

「これ以上暗いと作業しづらい」

と感じる明るさに設定させた。このとき画面にはアルファベットの大文字をランダムな順に並べ、80文字分を1行とし1行間隔に12行を提示した。また、画面の文字色と背景色の組合せは表4-1に示すように陰画表示が4通り、陽画表示が2通りとした。

表4-1 文字色と背景色の組み合わせ

	表示モード					
	陽画		陰画			
文字色	黒	青	緑	黄	白	白
背景色	白		黒			青

なお、実験にはパーソナルコンピュータ (PC-9801) を使用した。実験に用いた高解像度ディスプレイ (PC-8853n) に表示できる色の色度点を図4-1に示す。このディスプレイの蛍光体はP22で、垂直走査周波数は56.4 Hzであ

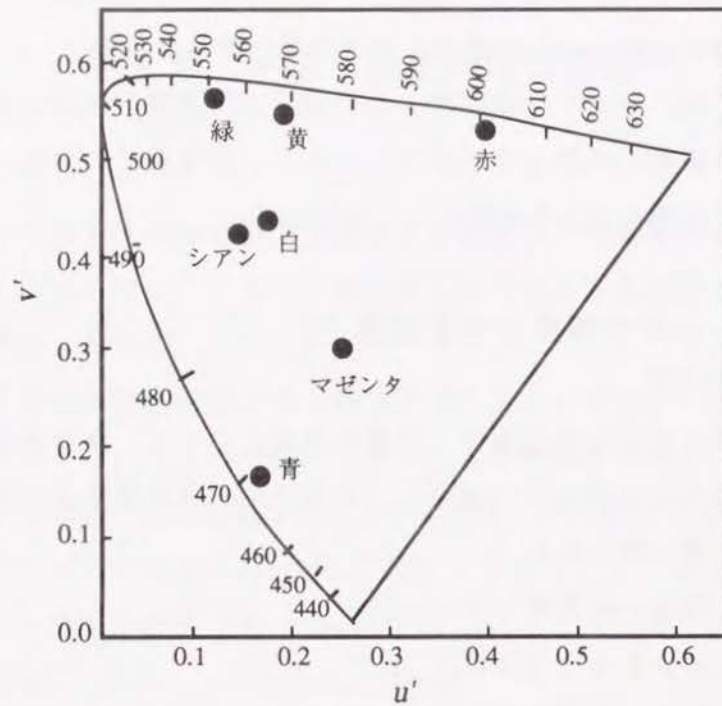


図4-1 文字色と背景色の色度

った。

文字や背景の輝度は次のように定義した。

文字輝度：画面中央に縦2文字分×横3文字分（縦約11 mm×横約8 mm）のブロックパターンを文字色で発光させ、その中央付近で測定した平均輝度を文字輝度とした。このときブロック以外の画面全体は背景色で発光させた。

背景輝度：画面全体を背景色で発光させ、画面中央付近で測定した平均輝度を背景輝度とした。

なお、これらの輝度の測定は室内照明を施した状態で行ったので、測定された輝度値には照明によるCRT管面での反射輝度約1.5 cd/m²が加算されている。

照明は天井照明（高演色ランプ）のみとし外光は遮断した。このときの水平面（床上約70 cm）および鉛直面（CRT管面中央）の照度はそれぞれ、

水平面照度：約250 lx
鉛直面照度：約140 lx

であった。

観視距離は約40 cmとした。俯角は約15～20°であった。

被験者

被験者は21才から33才の男性26人とし、彼らのほとんどが毎日VDTを使用していた。また、彼らの色覚は正常で、近視の者は眼鏡等で視力補正をしていた。

4.2.2 実験結果と検討

被験者26人によって設定された陰画表示の文字輝度と陽画表示の背景輝度の平均値および標準偏差値を図4-2に示した。これを見ると、「作業をするのにちょうどよい」と設定された輝度は陰画表示の文字輝度と陽画表示の背景輝度のどちらの場合もほぼ同じ値であることがわかる。また、「これ以上明るい作業しづらい」あるいは「これ以上暗いと作業しづらい」と設定された輝度値についても同様の傾向が見られる。ただし、陰画表示の文字色白・背景色黒の場合の「これ以上明るい作業しづらい」と設定された輝度値は他の色の組合せの場合より高めであった。次に、「作業するのにちょうどよい」と設定された陰画表示の文字輝度の平均値は28.7 cd/m²、陽画表示の背景輝度の平均値は27.2 cd/m²であった。このように、VDT作業をするのに好ましい陰画表示の場合の文字輝度と陽画表示の場合の背景輝度はともに相等しく、約30 cd/m²である。

この結果を他の研究結果と比較すると、まず視覚検索に関して陰画表示と陽画表示の画面輝度を比較した報告があり⁷⁸⁾、これによれば、パフォーマンスの高いのはどちらの表示モードの場合も画面の高い方の輝度が27 cd/m²の時であった。また、陰画表示（文字色緑）の場合の生理負担に関する測定により文字輝度30 cd/m²を推奨している報告もある⁶⁸⁾。これらの結果から見

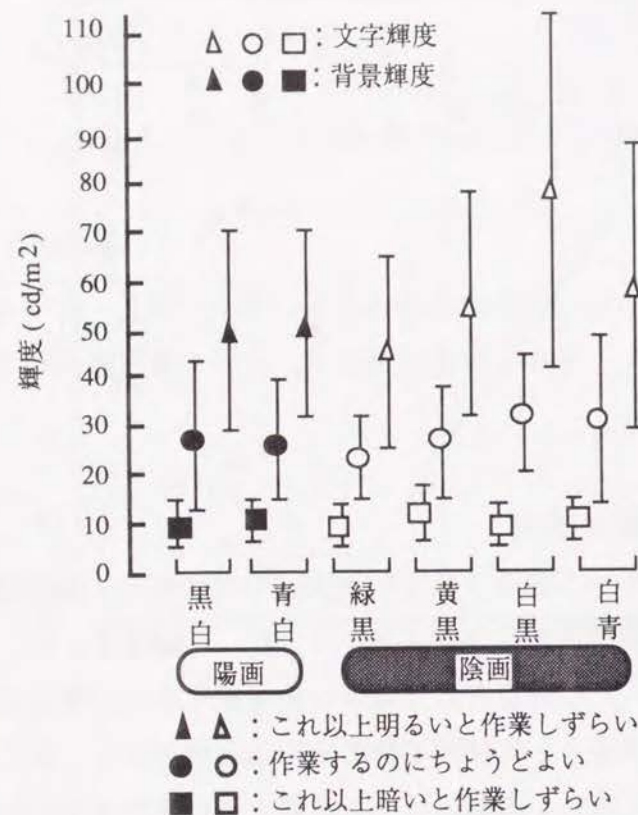


図4-2 文字輝度（陰画表示）と背景輝度（陽画表示）

て、作業能率に加えて好みの点からも両表示モードの画面の高い方の輝度は約30 cd/m^2 がよいといえる。ただし、本実験は外光を遮断し照明が室内蛍光灯のみの条件下で得られた結果である。室内の照度が高くなると、最適と思われる文字輝度（陰画表示）が高くなったという報告¹⁰⁸⁾からも容易に考えられるように、外光を採り込んだ場合にVDTの管面反射輝度が大きく変われば、当然輝度の調節をする必要があろう。つまり、コントラストが変わることを配慮した設定が要求されることを意味する。窪田は作業に最適なコントラストと輝度の関係について国内外の研究報告をまとめ、最適コントラストと背景輝度の関係式を導出している¹⁰⁹⁾。これによると、文字背景輝度が1 cd/m^2 のときコントラストは20:1、30 cd/m^2 のとき3:1となると述べている。さらに背景輝度が1 cd/m^2 から34 cd/m^2 の範囲において最適コントラスト

が得られるように、文字輝度の調節が可能となるようにする必要があると述べている。なお、この式は現場調査（659台のVDT）により得られた式と類似していることも指摘している。

4.3 補色残像効果と画面の輝度

2.3節で述べたように、作業者の自覚症状の中に作業後黒板に書かれた文字がピンクに見えて不快だというのがあった。ある色を注視した後、その色から視線を離すと補色の残像が見える現象は、VDT画面の文字を注視した場合も容易に経験される。作業者からはVDT作業をするのに色残像が邪魔になるとか、作業後も残像が見えて不快だという訴えがあり、作業後も長く補色残像の効果が現われるため作業に支障を生ずるだけでなく、日常生活にも悪影響を与える。

この現象に対して、視線を画面から離れたときの壁の色を変えるといった方策が取られているが、これは残像を意識できなくしているだけで、残像そのものを低減させるための方法ではない。作業を再開すればまた色残像効果が発生することには変わらない。したがって本質的な対策として画面自体の特性を検討する必要がある。この節では残像が残りにくい輝度と色を明らかにすることを目的に、画面の輝度と色残像の持続時間の関係を検討した。

4.3.1 実験方法と条件

被験者にVDT画面（NEC,PC-8853n, 14インチ）に提示した図形を一定時間注視させ、注視終了直後、視線を白ケント紙上（輝度45 cd/m^2 ）に移動させ、補色残像が消滅するまでの時間を計測した。この時間を色残像持続時間と呼ぶことにする。

測定条件

測定条件1：注視時間を10, 20, 30, 40, 100, 150, 200secに変化させた。輝度は50 cd/m^2 ，色は緑とした。

測定条件2：注視時間を100秒とし、輝度を10, 30, 50, 70 cd/m^2 に変化させた。色は緑とした。

測定条件3：呈示色を白、黄、緑、赤とし、さらに注視時間を20, 45, 100秒と変化した。輝度は30 cd/m^2 で一定とした。

提示図形は42 mm×42 mmの正方形で、視距離は40 cmとした。

照明は高演色ランプによる天井照明のみとし、水平面照度は約280 lx とし鉛直面照度は約80 lxであった。

4.3.2 実験結果と検討

注視時間と色残像持続時間の関係を図4-3に示す。この図に見られるように、全体的には注視時間が長くなるに伴い色残像持続時間も長くなった。しかし、注視時間100 sec付近から色残像持続時間が飽和する傾向が被験者TaとKtに見られた。

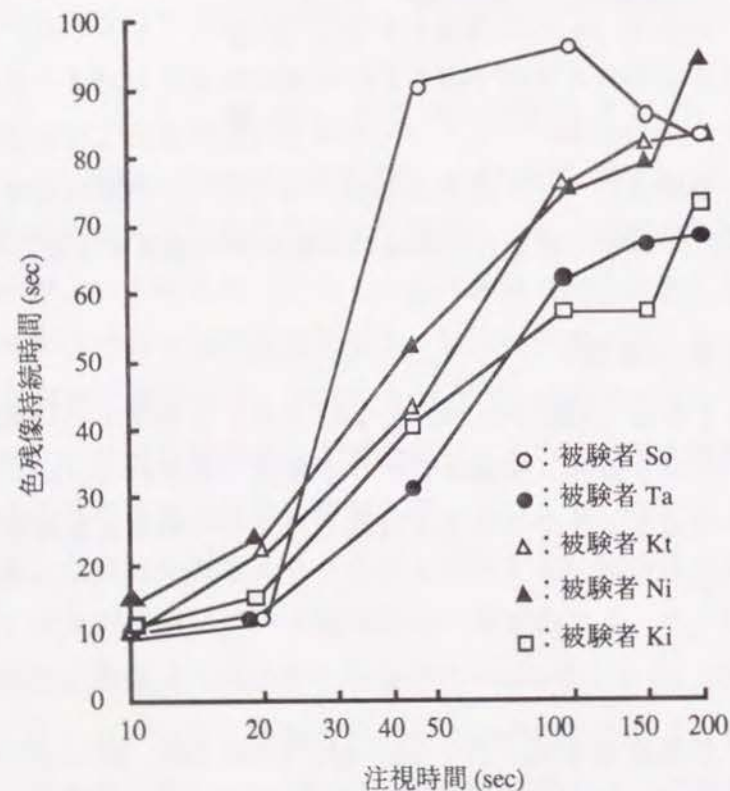


図4-3 注視時間と色残像持続時間

次に、画面の輝度と色残像持続時間の関係を図4-4に見る。被験者により輝度の効果（色残像持続時間の長さ）に大きな差があるが、全体的には輝度が上昇するにしたがい色残像持続時間も増加する傾向が見られる。輝度が高くなるにつれて色にじみが出て視認性が落ちることもあり、輝度は視認性などが低下しない範囲でなるべく低い方がよいと言える。図4-4を見る限りでは輝度30から50 cd/m^2 が一つの目安になる。

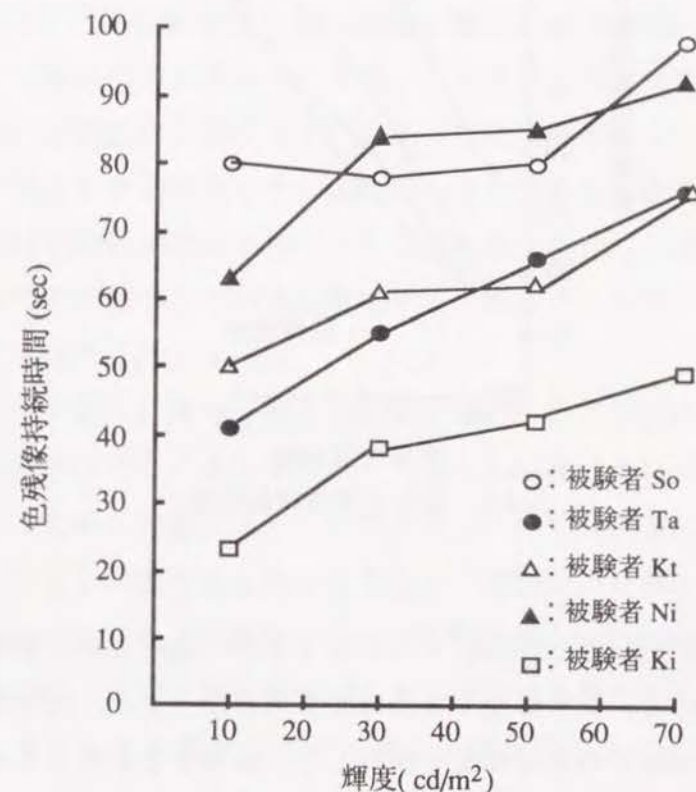


図4-4 輝度と色残像持続時間

画面の色と色残像持続時間の関係を図4-5に示す。この図より次のことがわかる。注視時間が短い場合、提示色が赤のときに色残像持続時間は一番長く、赤以外ではほぼ等しかった。しかし、注視時間が長いときは白、黄の場合よりも赤、緑の場合が色残像持続時間は長い傾向が見られた。従って、画面の提示色は赤、緑よりも白、黄の方がよい。

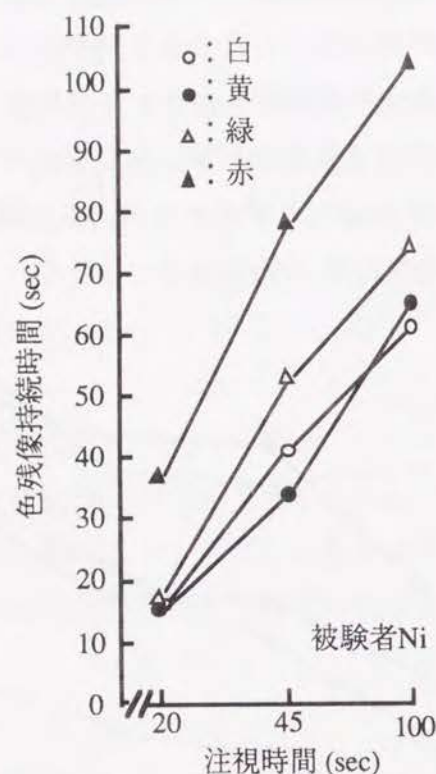


図4-5 色と色残像持続時間

4.4 結言

この章では、好ましさの評価によりVDT画面の陰画表示と陽画表示の両表示モードについて、文字輝度や背景輝度を求めた。また、色残像持続時間の測定により陰画表示の画面輝度を検討した。結果をまとめると次のようになる。

(1) 陰画表示の文字輝度と陽画表示の背景輝度の好ましい値はほぼ等しく約30 cd/m²であった。また、文字色や背景色の違いによる差もほとんど見られなかった。

(2) 色残像持続時間は輝度が高いほど長くなるため、できるだけ輝度を低くする必要があることが判明した。このとき注意しなければならないことは、4.2節で議論した最適コントラストが得られるように設定することである。

第5章 表示画面の心理、生理的效果

5.1 緒言

画面の表示色は文字の見やすさ^{71),110)}、読みやすさ¹¹¹⁾、作業能率⁷²⁾さらに好ましさ^{70),74)}に影響を与える。色は心理的效果を持つため、画面の表示色を作業者の好みに整合させることは、作業者が快適かつ効率よく作業を遂行するために必要なことである。しかし作業者はどのような印象を表示色から受けて好ましさを判定しているのか、また作業に最適な色の持つ心理要因が快適性にどの程度効果を持つのかは明らかでない。このような好ましさの心理要因である表示色の印象の意味構造を明らかにすることは、よりよい表示システム設計に役立つ。

表示色に関するこれまでの研究は陰画表示についての検討が多いが、本章では陰画表示だけでなく陽画表示画面の好ましい表示色について心理的ならびに生理的な面から検討する。心理的效果については表示色から受ける印象を評価し、好ましい表示色を選定するための評価因子の抽出を目的とする。生理的效果については、表示色の違いが作業負担に与える影響を検討する。

次節以降では、まず一対比較法により文字色と背景色の好ましい組み合わせを求め、次に配色の好ましさの心理的要因を明らかにするために、SD (Semantic differential)法を用いて表示色の印象の意味構造と好ましさの心理的要因を抽出した。こうして得られた要因について好ましい表示色を検討するとともに、好ましい配色と作業負担の関係を検討した。

5.2 好ましい配色¹⁰⁷⁾

5.2.1 一対比較法による評価

VDT画面には図4-1(4.2節)に示した7色に黒を加えて計8色の表示ができる。したがって、文字色と背景色の組合せは56通り考えられる。この56通

りの組合せの中から明らかにVDT作業を行うのに適していないものを除き、残った組合せについてのみ文字色と背景色の好ましい組合せの評価実験をすることにした。

このためにまず、日頃VDTを操作している男性6人と女性4人の計10人に、文字色と背景色の56通りの全部の組合せについて、

「作業しやすい」

「どちらともいえない」

「作業しづらい」

のいずれに感じるかを評定させた。そして、これらの評価語に対してそれぞれ+1, 0, -1の得点を与えた。各組合せについて合計点を求め、合計点が7以上となった文字色と背景色の組合せを選び出した。こうして選択された組合せは表5-1に見られるように陰画表示が8通り、陽画表示が9通りの計17通りであった。これらの組合せについて好ましさの評価を一对比較法(Thurstone)¹¹²⁾で行った。評価実験には4.2節で使用したディスプレイ(NEC, PC-8853n, 14インチ, 640×400ドット)を2台用いた。

表5-1 文字色と背景色の組み合わせと輝度比

陰 画 表 示			陽 画 表 示		
文字色	背景色	輝度比	文字色	背景色	輝度比
白	黒	22.1	黒	白	8.1
黄		21.0	青		4.7
シアン		20.1	赤		3.1
緑		21.4	黒	黄	8.3
マゼンタ		14.0	青		4.6
白	青	6.3	黒	シアン	8.4
黄		5.9	青		4.3
シアン		5.3	黒	緑	8.7
			青		4.0

4.2節で得られた輝度値が表5-1の色の組合せに対しても好ましい輝度値かどうかは厳密にはわからないが、この評価実験の場合には、この輝度値のもとで被験者の70%以上が作業しやすいと評定した色の組合せについてのみ好ましさの評価を行うので、画面の輝度は上記の値を目安にして設定しても支障ないと判断し、陰画表示の文字輝度および陽画表示の背景輝度を約30 cd/m²とした。ただし、マゼンタの場合はこの輝度値に設定すると色にじみが見られたので、実験者側で見やすいと思われる輝度値を決めた。それは約19 cd/m²であった。このように設定したときの文字輝度と背景輝度の比(輝度比)を表5-1に並示した。

なお、照明条件、観視距離ならびに被験者は4.2節の場合と同様である。

5.2.2 評価結果と検討

文字色と背景色の組合せの好ましさの比較について得られた尺度値を表5-2に示した。この表からわかるように、陰画表示(背景色黒・文字色シアン, 白, 黄, 緑)の方が陽画表示(背景色白・文字色黒, 青)よりも好ましいと評定された。

陰画表示の背景色青・文字色白の組合せは背景色黒の場合よりも評価は低く、背景色青・文字色黄, シアンの組合せの評価はさらに低かった。

また、陽画表示の背景色白・文字色黒, 青の組合せや背景色シアン・文字色黒の組合せに対する評価は高かったが、背景色黄・文字色青の組合せや背景色緑・文字色黒, 青の組合せに対する評価は非常に低かった。

表5-2を見るとの尺度値の大きさの順序がcaseVとcaseIIIとで異なるところがある。これはcaseVでは尺度化の段階で弁別のちらばりがすべて等しいと仮定するのに対し、caseIIIではその仮定をしないことによると考えた。そこで文字色と背景色の各組合せについて得られた回答の標準偏差値sを推定した。表5-2に示したように、背景色黒・文字色白, 緑の組合せあるいは背景色黄, 文字色青の組合せに対するsの値は大きい。このようにsの値が大きくなり、しかもcaseVにおける尺度値が接近している場合にはcaseIIIによる尺度

表5-2 Thurstoneの一対比較法による評価尺度値

表示モード	表示色		尺度値		標準偏差 (s)
	文字色	背景色	caseV	caseIII	
陰画	シアン	黒	0.894	1.148	0.686
	白	黒	0.734	1.336	2.331
	黄	黒	0.663	0.897	0.880
	緑	黒	0.659	0.901	0.903
陽画	黒	白	0.167	0.223	1.012
	黒	シアン	0.154	0.205	0.745
	青	白	0.158	0.191	0.631
陰画	白	青	-0.023	-0.035	0.337
陽画	青	シアン	-0.135	-0.219	1.642
	黒	黄	-0.168	-0.227	0.787
陰画	マゼンタ	黒	-0.217	-0.368	1.729
陽画	赤	白	-0.274	-0.406	1.160
陰画	黄	青	-0.333	-0.479	0.935
	シアン	青	-0.413	-0.576	1.025
陽画	青	黄	-0.411	-0.674	1.684
	黒	緑	-0.557	-0.664	0.450
	青	緑	-0.898	-1.254	1.008

case V: 弁別のちらばり (標準偏差) が全て相等しいと仮定する.

$$R_j - R_k = z_{jk}$$

R_j, R_k : 刺激 S_j と S_k に対するそれぞれの平均値

z_{jk} : 単位正規分布の平均からの偏差率

case III: どの刺激対に対する回答の間にも全く相関がないと仮定する.

弁別のちらばりが全て相等しいとの仮定はしない.

$$R_j - R_k = z_{jk} (\sigma_j^2 + \sigma_k^2)$$

σ_j, σ_k : 分布 R_j と R_k のそれぞれの標準偏差

値の大きさの順序はcaseVの尺度値の大きさの順序と異なってくる場合がある. また, 陰画表示の背景色黒・文字色白の組合せは好みの評価は高かったが, s は一番大きく, 被験者間での好みに対するばらつきが大きいと推測できる. 一方, 背景色青・文字色白の組合せに対する好みの評価はあまり高くなかったが, s は一番小さく, 被験者間での好みに対するばらつきは一番小さいと思われる.

次に, 被験者の男女別で比較すると, 表5-3に見られるように, 陰画表示の方が陽画表示よりも好ましいという評価は男女とも同じであるが, 陰画表示の場合, 男性は背景色黒・文字色緑の組合せを好み, 女性は文字色シアンの方を好む. このように, 男女間で好ましさの差の見られる色の組合せがあった.

表5-3 文字色と背景色の組み合わせの好ましさに対する評価の男女間の比較

文字色	背景色	尺度値		文字色	背景色
		女性	男性		
シアン	黒	0.943	0.997	緑	黒
白		0.750	0.804	シアン	
黄		0.623	0.764	白	
緑		0.357	0.751	黄	
黒	シアン	0.312	0.283	黒	白
青	白	0.111	0.221	青	
黒		0.071	-0.043	白	
青	シアン	-0.045	-0.003	黒	シアン
白	青	-0.076	-0.127	黒	黄

5.3 表示色の印象とその意味構造解析¹¹³⁾

5.3.1 因子分析法による解析

表示色の種類

呈示した表示色は表5-4に示すように、陰画表示（暗い背景に明るい文字）と陽画表示（明るい背景に暗い文字）がそれぞれ5種類である。これらの文字と背景の色度を表5-5に示す。陽画表示の白背景色については白みの違いによる印象の違いを知るために、図5-1に示すように相関色温度約 5000 K から約 14000 K の範囲の白を4種類選んだ。

表5-4 表示色の種類

表示モード	文字色	背景色
陰画表示	緑	黒
	白 2	
	黄	
	シアン	青
陽画表示	黒	白 1
		白 2
		白 3
		白 4
	青	緑

表5-5 表示色の色度

表示色	u'	v'
緑	0.129	0.556
黄	0.206	0.548
シアン	0.142	0.431
青	0.174	0.228
白 1	0.212	0.487
白 2	0.193	0.453
白 3	0.187	0.427
白 4	0.228	0.467

表示色の評価方法

表示色の印象を問うための評価項目（形容詞対）を予備実験により選定した。まず武市らの行った評価実験¹¹⁴⁾に使用された評価項目等を参考に40対の形容詞対を用意し、被験者が直感的に判断できる評価項目について検討し

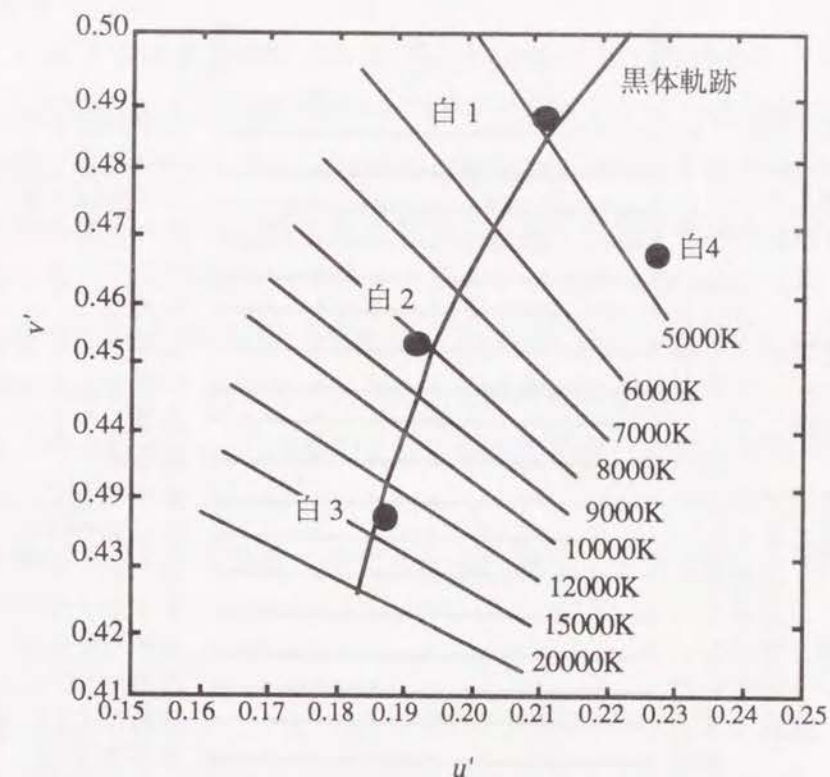


図5-1 陽画表示の白背景色の相関色温度

たところ、Osgoodらの示した意味次元である評価、力量、活動の3因子¹¹⁵⁾のうち「重い—軽い」などの力量性および「動的な—静的な」などの活動性の項目に関しては評価しにくいことがわかったので、これらに関する項目の多くを除外した。その結果、評価項目は図5-2に示す20項目となった。

画面には図5-3に示す模擬伝票を提示した。

実験に入る前に、被験者へ次のような教示をした。

「画面の色（文字の色と背景の色）について感じる印象を評価して下さい。評価は各形容詞対の尺度上の該当する所にレ点で記入して下さい。」

なお、評価に要した時間はいずれの表示色の場合も1画面につき約1分であった。

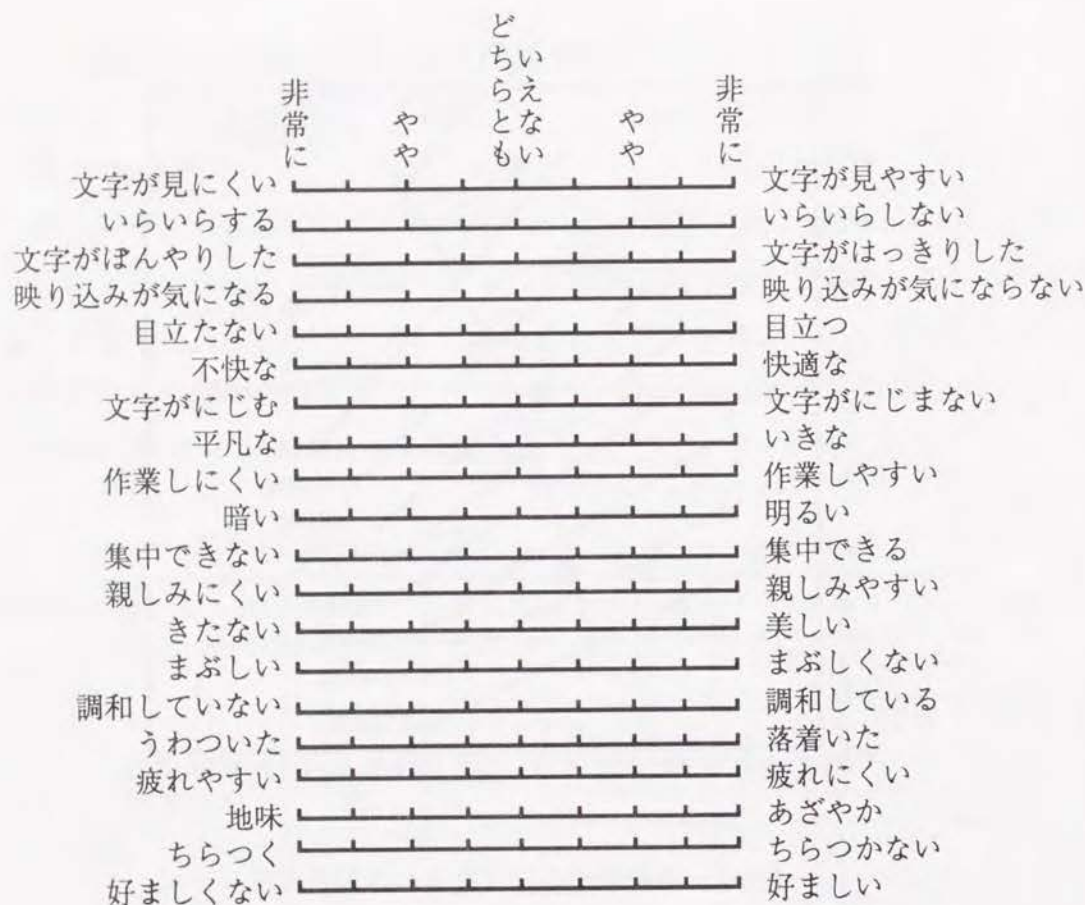


図5-2 表示色の印象の評定項目

売上伝票					
得意先 京都マーケット様					
No.	商品コード	商品名	数量	単価	金額
1	212	黒板	19	25,570	485,830
2	109	鏡	170	1,439	244,630
3	171	色紙	863	7,398	6,382,948
4	51	ポスターカラー	1,093	493	534,847
5	94	植木鉢	7,247	850	6,160,950
6	121	カレンダー	67	2,493	1,668,321
7	60	ペーパーナイフ	5,971	550	3,284,050
8	161	花瓶	769	6,310	4,854,490
9	76	バスタオル	4,468	610	2,725,480
10	147	バッテリー	10	4,030	40,300
11	250	調度品	69	52,650	3,632,850
12	219	食器洗剤	89	20,340	1,810,260
13	288	五月人形	11	93,940	1,033,340
14	219	手拭	68	27,850	1,893,800
15	178	電法電	190	7,510	1,426,900
			合計		34,672,778

図5-3 提示画面の例

実験条件

使用したVDTは高解像度ディスプレイ（NEC, PC-8853n, 14インチ, 640×400ドット）である。画面の輝度は陰画表示の文字色, 陽画表示の背景色とも約 30 cd/m²に設定した。この輝度は陰画表示の場合, 文字色で管面中央にブロックを呈示し, 一方陽画表示の場合, 背景色を管面全体に呈示しいずれも管面中央付近を輝度計（ミノルタルミナンスメータ nt-1°）で測定した。また表示色の測定には分光放射計（トプコンSR-1）を使用した。

照明は外光を遮断し高演色ランプによる天井照明を施した。このときの水平面照度（床上約 70 cm）は約250 lx, 鉛直面照度（CRT管面中央）は約140 lxであった。

観視距離はいずれの被験者の場合も約 40 cm で, 俯角は約15~20°であった。

被験者

被験者は男性20名（21才から25才）と女性20名（18才から27才）の計40名で, 色覚はいずれも正常である（東京医科歯科大式色覚検査表を使用）。男性の場合そのほとんどが1年以上のコンピュータ使用経験を持っていたが, 女性の場合は約半数が1年から2年の使用経験を持つのみで, それ以外の半数は未経験であった。

5.3.2 解析結果と検討

表示色の印象の意味構造

図5-4に例示したように, 各評定項目のカテゴリに-4から+4の得点を与え, 評定項目ごとに被験者全員の評定データの平均値を求め, 評定項目を変量, 表示色をケースとして主因子法¹¹⁶⁾による因子分析をした。因子分析後, 固有値が1.0以上の因子のみについてバリマックス回転を行い因子負荷行列を求めた。結果を表5-6に示す。この表より表示色の印象を構成する因子は次に挙げる3因子であることがわかる。まず因子Iは評定項目「親しみ

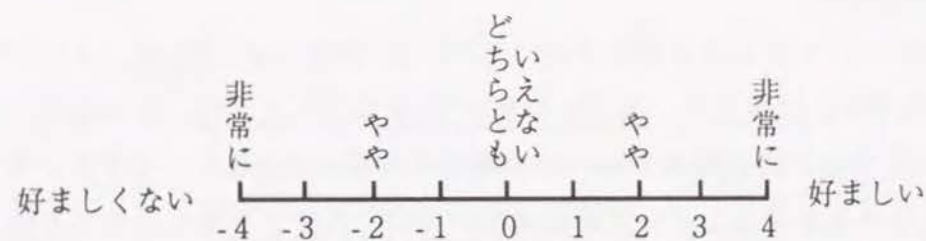


図5-4 カテゴリーに与えた得点

表5-6 バリマックス回転後の因子負荷量

評 定 項 目	因子I	因子II	因子III
親しみにくいー親しみやすい	0.949	0.099	0.270
調和していないー調和している	0.928	-0.024	0.354
不快なー快適な	0.887	-0.155	0.390
いらいらするーいらいらしない	0.874	-0.278	0.308
集中できないー集中できる	0.853	-0.231	0.462
疲れやすいー疲れにくい	0.806	-0.397	0.433
ちらつくーちらつかない	0.779	-0.212	0.501
作業しにくいー作業しやすい	0.755	-0.283	0.549
うわついたー落ち着いた	0.754	-0.605	0.224
地味ーあざやか	-0.170	0.979	0.011
暗いー明るい	-0.288	0.898	-0.225
きたないー美しい	0.391	0.800	0.274
平凡なーいきな	-0.541	0.792	0.027
まぶしいーまぶしくない	0.495	-0.760	0.314
目立たないー目立つ	0.116	0.694	0.631
文字がぼんやりしたー文字がはっきりした	0.501	0.048	0.855
文字がにじむー文字がにじまない	0.528	-0.102	0.802
文字が見にくいー文字が見やすい	0.545	-0.256	0.779
映り込みが気になるー映り込みが気にならない	-0.447	-0.330	-0.756
好ましくないー好ましい	0.851	-0.133	0.496
バリマックス回転後の寄与	9.004	5.109	4.872
バリマックス回転後の寄与率 (%)	47.426	26.911	25.663

にくいー親しみやすい」, 「調和していないー調和している」, 「好ましくないー好ましい」などの因子負荷量が大きく, 表示色の『好ましさ』を表すと解釈できる. 因子IIは「地味ー鮮やか」, 「きたないー美しい」などの評定項目の因子負荷量が大きく, 表示色の『華やかさ』を表す因子と解釈される. 因子IIIは評定項目「文字がぼんやりしたー文字がはっきりした」, 「文字が見にくいー文字が見やすい」などより, 『文字の見やすさ』を表す因子と言える. 一方, 武市らの評価実験によると, VDT表示色の評価因子として因子Iに「目だつー目だたない」, 因子IIに「見やすいー見にくい」, 因子IIIに「やわらかいーかたい」の項目をあげており, 「疲れるー疲れない」の項目は因子Iに属するとしている¹¹⁴⁾. しかし武市は別の報告でバリマックス回転後の因子負荷量から評価因子の解析をし, それには因子Iに「美しいーきたない」, 因子IIに「疲れるー疲れない」, 因子IIIに「にじむーにじまない」をあげており統一した見解を示していない¹¹⁷⁾. これらの因子は筆者らの得た因子とも幾分異なっている. この理由としては, 実験に使用した表示色の違いや表示色の輝度の違いなどが考えられる. 武市らは評価における教示の仕方が明示していないので, 筆者らの得た結果と単純に比較できないが, 武市らの抽出した因子のほとんどは筆者らの得た因子に包含されていると考える. したがって, 表示色の印象を構成する因子は表示色の『好ましさ』, 『華やかさ』および『文字の見やすさ』の3因子であると言える.

次に, 表示色の好ましさの心理要因に関して検討する. 表5-7に示すように評定項目「好ましくないー好ましい」における各因子の寄与率は因子Iが約73%, 因子IIIが25%で累積すると98%になり, 表示色の好ましさの心理要因としては因子Iのほかに因子IIIの寄与も考えたほうが妥当である. 因子IIの寄与率は約2%であり好ましさへの寄与は小さい.

因子Iの評定項目を系統的に分類すると, 次の4要因に分けることができる.

親密性: 「親しみにくいー親しみやすい」,

「調和していないー調和している」.

表5-7 評定項目「好ましくない-好ましい」における各因子の寄与率

	因子I	因子II	因子III
因子負荷量	0.851	-0.133	0.496
寄与	0.724	0.018	0.246
寄与率 (%)	73.3	1.8	24.9

快適性：「不快な-快適な」，

「いらいらする-いらいらしない」．

作業性：「集中できない-集中できる」，

「作業しにくい-作業しやすい」．

疲労感：「疲れやすい-疲れにくい」．

したがって，表示色の好ましさを構成する心理要因としては，これら4要因に因子IIIの文字の見やすさを加えた5要因を考えればよい．

ここまでは被験者全員の評定結果について見てきたが，男性と女性とでは表示色の印象に差があることが当然予想される．そこで評定結果を男性と女性に分けてそれぞれについて因子分析した．表5-8がその結果である．男女間に顕著な差が見られたのは評定項目「きたない-美しい」，「目立たない-目立つ」および「ちらつく-ちらつかない」である．これらの項目のうち，「きたない-美しい」の項目と「好ましくない-好ましい」の項目との関係を見ると，図5-5に示すように女性の場合は相関係数が0.71と高く，反対に男性では-0.22と低い．被験者全体について見ると表示色の好ましさとの相関はあまり高くなかったが，その中で女性の場合は表示色の美しさも好ましさの1要因に含まれることがわかる．

表5-8 バリマックス回転後の因子負荷量（男性被験者と女性被験者）

評定項目	男性			女性		
	因子I	因子II	因子III	因子I	因子II	因子III
親しみにくい-親しみやすい	0.911	-0.069	0.317	0.891	0.100	0.375
調和していない-調和している	0.896	-0.102	0.359	0.888	-0.102	0.422
不快な-快適な	0.781	-0.470	0.366	0.914	-0.105	0.316
いらいらする-いらいらしない	0.736	-0.509	0.404	0.879	-0.287	0.154
集中できない-集中できる	0.772	-0.433	0.462	0.857	-0.252	0.439
作業しにくい-作業しやすい	0.746	-0.453	0.428	0.721	-0.271	0.612
疲れやすい-疲れにくい	0.617	-0.589	0.441	0.763	-0.453	0.419
うわついた-落ち着いた	0.715	-0.662	0.184	0.656	-0.705	0.237
暗い-明るい	-0.236	0.917	-0.197	-0.109	0.948	-0.192
地味-あざやか	-0.218	0.912	0.279	0.012	0.995	-0.097
平凡な-いきな	-0.647	0.671	0.163	-0.365	0.885	0.044
まぶしい-まぶしくない	0.384	-0.801	0.306	0.328	-0.872	0.308
きたない-美しい	-0.047	0.770	0.551	0.692	0.594	0.171
映り込みが気になる-映り込みが気にならない	-0.345	0.016	-0.906	-0.479	-0.390	-0.655
文字がぼんやりした-文字がはっきりした	0.465	-0.045	0.833	0.464	-0.018	0.886
文字がにじむ-文字がにじまない	0.511	-0.190	0.792	0.404	-0.190	0.861
文字が見にくい-文字が見やすい	0.576	-0.471	0.601	0.459	-0.165	0.859
目立たない-目立つ	0.137	0.365	0.850	0.134	0.807	0.482
ちらつく-ちらつかない	0.525	-0.416	0.648	0.729	-0.293	0.367
好ましくない-好ましい	0.729	-0.530	0.415	0.887	0.034	0.449
バリマックス回転後の寄与	7.259	5.876	5.509	8.365	5.795	4.732
バリマックス回転後の寄与率 (%)	38.935	31.516	29.549	44.276	30.675	25.048

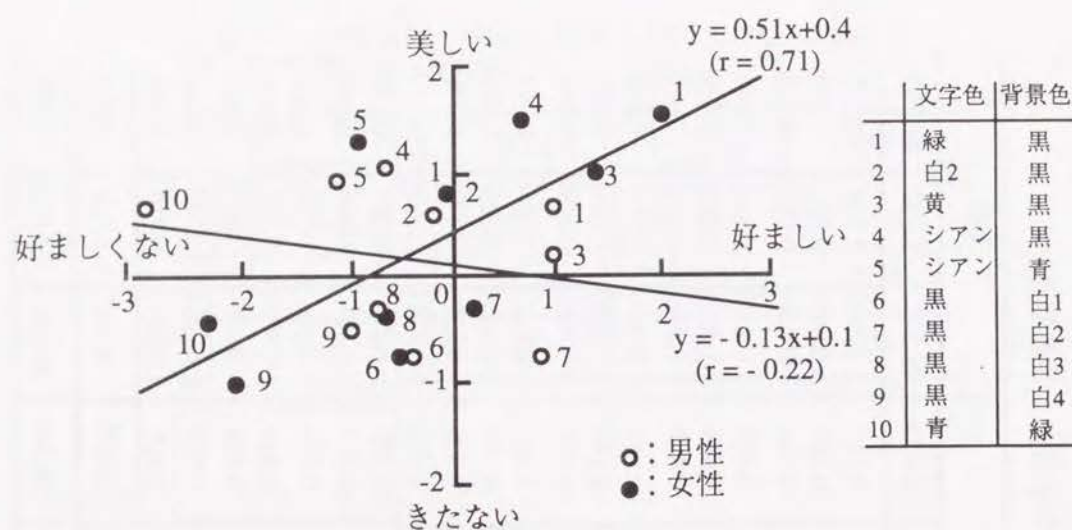


図5-5 評定項目「きたない-美しい」と「好ましくない-好ましい」の相関関係

好ましい表示色

前節で述べたようにVDT表示色の好ましさの心理要因は親密性、快適性、作業性、疲労度および文字の見やすさの5要因であることが分かった。これら要因における平均評定点より、高い得点を得た表示色について検討した。まず図5-6に親密性についての評定項目「親しみにくい-親しみやすい」の平均評定点を示す。この図より陰画表示の文字色緑および白2・背景色黒が親しみやすく、逆に親しみにくい配色は陽画表示の文字色黒・背景色白4と文字色青・背景色緑であることが見て取れる。次に、快適性について「不快な-快適な」の項目の平均評定点を図5-7に示す。快適性についての評価はいずれの表示色の場合も親密性の評価とほぼ一致した傾向が見られる。作業性については図5-8に見られるように、陰画表示の文字色緑、白2・背景色黒と陽画表示の文字色黒・背景色白2が作業しやすいと感じ、逆に作業しにくいと感じる配色は陰画表示の文字色シアン・背景色青と陽画表示の文字色青・背景色緑である。なお、陽画表示の背景色白2は筆者らの行った好まし



図5-6 評定項目「親しみにくい-親しみやすい」の平均評定点

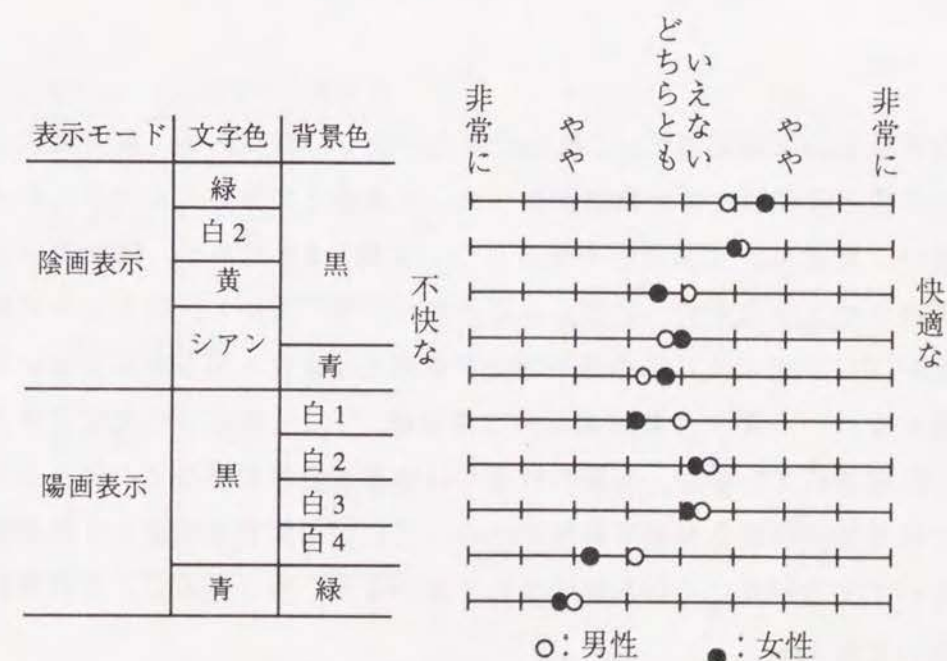


図5-7 評定項目「不快な-快適な」の平均評定点

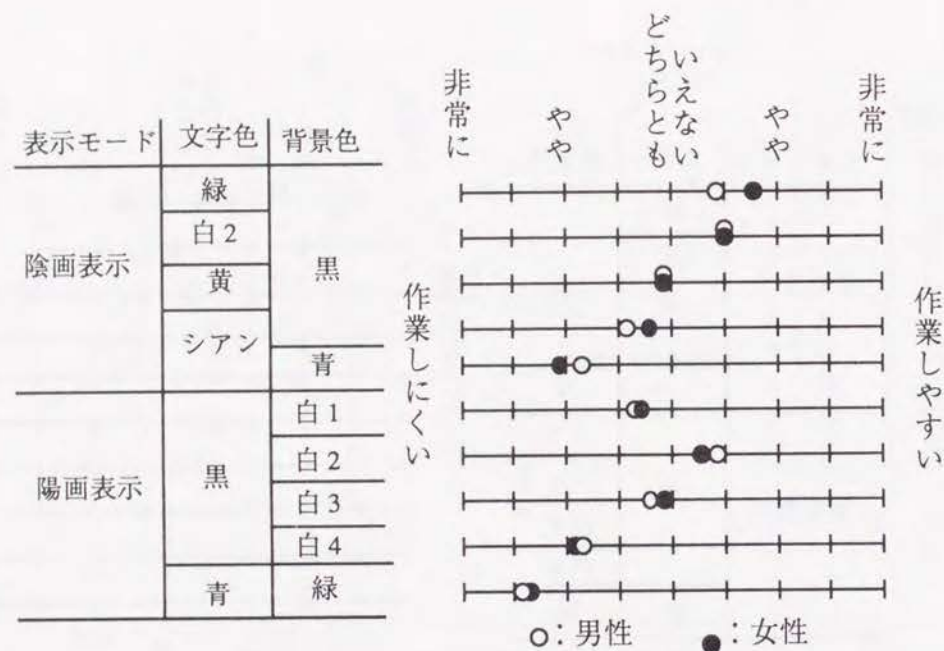


図5-8 評定項目「作業しにくい-作業しやすい」の平均評定点

い白背景色の評価実験⁶⁹⁾で最も評価の高かった白である。疲労度については快適性とほぼ似た評定結果が得られ、快適感と疲労しにくい感じとは相関が高い。最後に、文字の見やすさについて図5-9を見ると、陽画表示よりも陰画表示の方が見やすいとすることがわかる。しかし、映り込みに関しては図5-10に示すように陽画表示の方が陰画表示よりも明らかに少ないことも見逃せない。つまり、陰画表示の文字色緑、白2、黄はこの実験では見やすいと評定されているが、実際の作業では作業者自身の姿などの映り込みによって作業性が妨害される可能性がある。逆に、陽画表示の場合は陰画表示にくらべて文字が見にくいと評定されてはいるが、映り込みによる作業妨害は少ないと言える。



図5-9 評定項目「文字が見にくい-文字が見やすい」の平均評定点

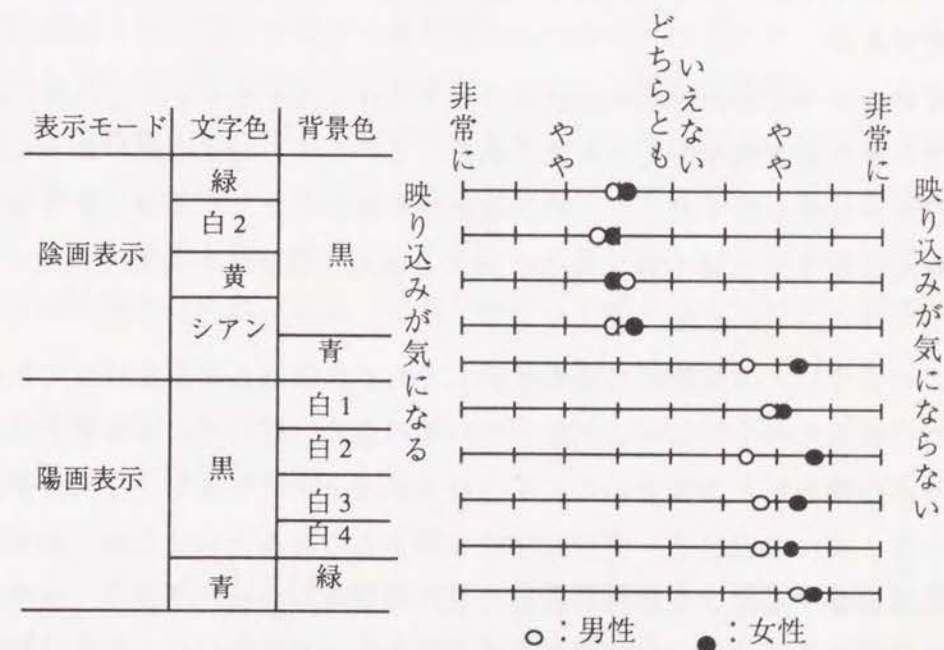


図5-10 評定項目「映り込みが気になる-映り込みが気にならない」の平均評定点

5.4 表示モードの違いによる作業負担の差^{107),113)}

従来、VDT画面の表示モードには陰画表示がよく使われてきた。しかし、陰画表示よりも陽画表示の方がよいのではないとも言われている^{75), 77), 78)}。その理由はいくつかある。第1点は眼の瞳孔径の変化量の少なさが挙げられる。陽画表示では書類と画面との輝度差を小さくすることができ、瞳孔径の変化量は陰画表示の場合と比べて小さくなるため、陽画表示の方が負担の低減に有利である⁷⁶⁾。しかし、これに対して瞳孔径を頻繁に変化させても疲労は見られなかったという報告もある¹¹⁸⁾。第2点目は視認性や作業能率の点で陽画表示の方が優れているとの実験結果がある^{72), 119)}。しかし、これらの点についても陽画表示と陰画表示との間にそれほど差はないという報告もある^{120), 121)}。第3は映り込みを目立ちにくくする効果である。陽画表示画面は室内の照明器具や窓などの映り込みを低減できる。この点では陰画表示よりも優れている^{77), 122)}。しかし、完全に映り込みが見えなくなるわけではなく、多少とも映り込みが目に入ればやはりかなり妨害になることも事実である。

周知のように陽画表示の場合はフリッカが目立ちやすく、この点に関しては明らかに陰画表示の方が有利である。しかし一方では上記のような陽画表示のもつ長所も捨てがたいため、陽画表示画面のフリッカが目立たないフレーム周波数や蛍光体の残光特性に関する研究が数多く行われてきている¹²³⁻¹²⁵⁾。

このように、陰画表示も陽画表示もそれぞれ長所と短所を持っており、いずれの表示モードの方がよいかについての意見は研究者により分かれる。このため陰画表示と陽画表示のどちらの表示モードで作業をした方が負担が少ないか、また各表示モードの文字色と背景色の組み合わせの違いが負担への程度影響するのかを厳密に検討しなければならない。さらに、文字色と背景色の組み合わせについて視認性や作業能率の点から検討した例は数多く見られるので^{71), 73), 110)}、残された課題は、色の組み合わせの好ましさと負担との関係を検討することである。この節では、表示モードの違いと作業負担と

の関係を文字色と背景色の組み合わせのいくつかについて比較検討した。

5.4.1 実験方法と条件

作業負担には画面に提示された文字とテキスト(24ドットのハードコピー)の文字とを比較し、異なる場合に画面上の文字をスペースキーで消去する作業を設定した。

テキストには5文字の英数字列を1ページに10行7列印字した。その一部を図5-11に示す。また、VDT画面(NEC, PC-8853n, 14インチ, 640×400ドット)にはテキストと同様の配列で文字列を提示し、各文字列の0文字から3文字分がテキストの文字と異なるようにした。陰画表示画面(作業中)の一部を図5-12に示す。陽画表示画面の例は図5-13に示す。なお、テキストおよび画面上の文字列はすべて乱数により作成した。

画面の文字色と背景色の組合せは表4-1(4.2節)に示したように陰画表示が4通り、陽画表示が2通りとした。

被験者には1日1回、1種類の色の組合せについて作業させ、各組合せについてそれぞれ6回ずつ作業を行わせた。また、1回の作業時間は90分で一定とし、この時間内での作業量がどの色の組合せの場合もほぼ等しくなるまで予備練習を行わせた。1回の作業量は被験者により異なり、多い者で約24ページ分、少ない者で約17ページ分であった。

照明は天井蛍光灯の他に外光(北側天空光)も採り込んだので作業場の照度は

水平面照度: 約250~700 lx

鉛直面照度: 約140~400 lx

であった。

陰画表示の文字輝度および陽画表示の背景輝度は外光を遮断した状態で約30 cd/m²となるようにしたが、ここでは外光を採り込んだので文字輝度と背景輝度は水平面照度が約540 lx、鉛直面照度が約300 lxの状態では約35 cd/m²となった。したがって、このときの文字輝度と背景輝度の比(輝度比)は

	1	2	3	4
1	EHQ07	E2WYY	2W0U0	4012K
2	XW3WW	BEDDZ	3XPKJ	881KO
3	ZUW1Y	GT2W3	PR1Q4	81B4N
4	UFBCW	Y8VHG	CE678	35Z7T
5	PFSRW	C8GY7	30YDA	LJLZA
6	SGEHH	P1D6P	RL6ZR	RJN2H
7	Y0FB3	OYWCT	3RKP5	ZAJ2X

図5-11 テキストの一部

	1	2	3	4
1	EHQ07	E2WYY	2W0U0	4012K
2	XW3WW	BEDDZ	3XPKJ	881KO
3	ZUW1Y	GT2W3	PR1Q4	81B4N
4	UFBCW	Y8VHG	CE678	35Z7T
5	PFSRW	C8GY7	30YDA	LJLZA
6	SGEHH	P1D6P	RL6ZR	RJN2H
7	Y0FB3	OYWCT	3RKP5	ZAJ2X

図5-12 陰画表示画面の一部

	1	2	3	4
1	117FJ6	T9SG4	NLSJT	YNN2J
2	90UQW	06WJ2	50PJW	1PDTM
3	23G43	QD6Y1	SU88M	5PW86
4	N4B7I	5FUC0	8201U	59YNP
5	DZC73	0TTUF	9RS8U	BJ083
6	1T02F	KGDYX	52R5M	LY570
7	LN1FR	B2PCU	SK560	01LR2

図5-13 陽画表示画面の一部

陰画表示：約10（背景色が青の場合は約5）

陽画表示：約7（背景色が青の場合は約4）

であった。

CFFは作業前後に5回ずつ測定し、その平均値をCFF測定値とした。測定は極限法で行い、両眼CFFを求めた。CFF測定器の検査光光源には緑色（ピーク波長565nm）の高輝度LEDを用い、それを方形波で駆動した。また、検査光光源の輝度は500 cd/m²とし、光源の大きさは視角1°とした。使用したVDTは4.2節ならびに5.3節に使用したVDTである。

なお、カーソルの形状は約2mmの線分で文字の下方に提示し点滅させた。こうすることで文字の部分の表示モードの反転が起きないようにした。

観視距離は約40cmとした。

被験者

被験者は4.2ならびに5.2に参加した21才から33才の男性4人である。

5.4.2 実験結果と検討

VDT作業によるCFFの変動率（平均値）と表示モードとの関係を示したのが図5-14である。いずれの表示モードの場合も作業後にCFFは低下し、被験者Soの陽画表示の文字色黒の場合の一例を除いてすべてのCFFに統計的に有意（t検定、有意水準5%）な低下が見られた。次に、文字色と背景色の組合せの違いによりCFFの変動率の大きさに統計的に有意な差があるかどうかを各被験者ごとに検定（t検定、有意水準5%）した。有意差が認められたのは被験者Moの陽画表示の文字色青の場合と陰画表示の背景色青との間に、それに被験者Taの陽画表示の文字色黒の場合と陰画表示の文字色緑の場合との間の2例のみであったが、表示モードの違いとCFF変動率の平均値との間には以下の傾向が見られた。

まず、陽画表示の文字色黒の場合と陰画表示の背景色黒・文字色緑、黄、白の場合のCFF変動率の大きさを比較すると、どの被験者についても陽画

表示の場合にCFF変動率は一番小さかった。したがって、作業による負担の程度は陰画表示の場合よりも陽画表示の場合の方が小さい。

次に、陽画表示の文字色黒の場合と青の場合とを比較すると、青の方が変動率は大きい傾向が見られ、陽画表示の文字の色は黒の場合の方が負担の程度は小さい。

また、陰画表示の背景色黒の場合の文字色の違いによるCFF変動率の大きさの違いを見ると、文字色白の場合に変動率は一番小さい傾向があり、文字色黄や緑の場合よりも負担は小さい。一方、文字色白の場合の背景色黒と青とではCFF変動率の大きさに差は見られなかった。

以上の実験結果から推定されるところでは、陰画表示よりも陽画表示の方が作業による負担の程度は小さい。また、いずれの表示モードの場合も有彩色による表示よりも無彩色による表示の方が負担は小さい。

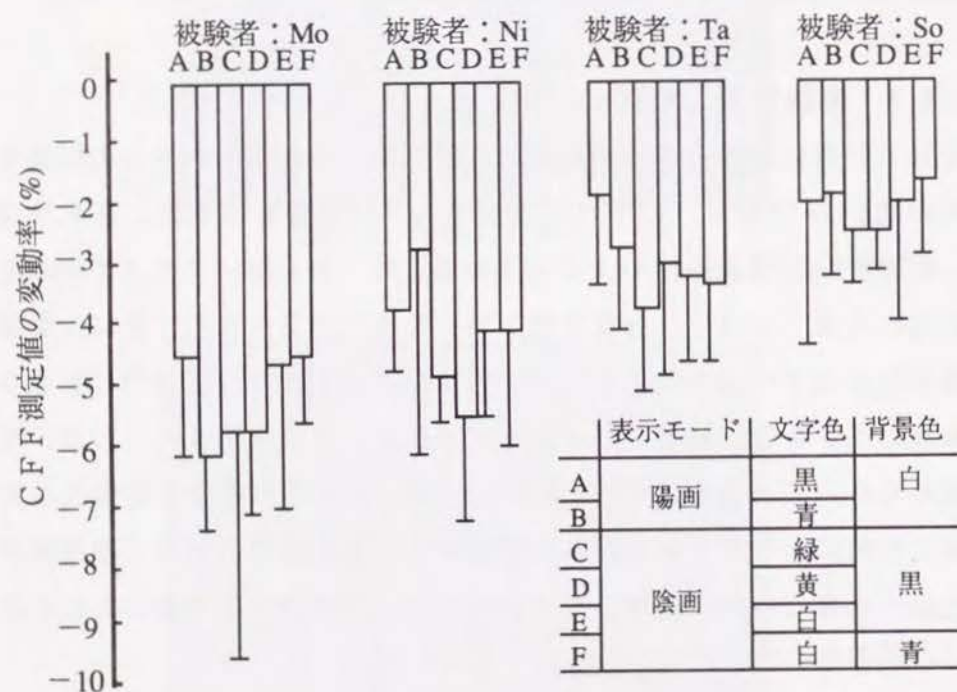


図5-14 表示モードとCFFの変動率

5.5 結言

この章では、一対比較法により文字色と背景色の好ましい組み合わせを求めた。次に、VDT表示色の印象に関する評価実験を行い、印象の意味構造の解析と表示色の好ましさの心理要因を分析した。さらに、配色の好ましさと作業負担の関係について検討した。その結果、以下のことがわかった。

(1) VDT画面の文字色と背景色の好ましい組合せについては、陰画表示（背景色黒・文字色シアン、白、黄、緑）の方が陽画表示（背景色白・文字色黒、青）よりも高い評価を得た。

(2) 表示色の評価因子は好ましさ、華やかさおよび文字の見やすさの3因子である。

(3) 好ましさの心理要因は親密性、快適性、作業性、疲労感および文字の見やすさの5要因からなる。

(4) この親密性、快適性、疲労感および画面の見やすさに関しては、陰画表示の方が陽画表示より印象がよい。

(5) 作業による負担については、サンプル数が少なくて有意な差は見られなかったが、陰画表示よりも陽画表示の場合の方が負担は小さい。

このように表示モードの好みと作業による負担の少なさとは対応しなかった。負担の程度との関係は好みよりもむしろ見やすさや読みやすさの方が深いのかかもしれない。また、陽画表示の背景色の白についてはいわゆるペーパーホワイトとかエッグシェルホワイトとかが考えられており¹²⁶⁾、好みの白というものが存在すると思われる。この好みの白と作業による負担に関しては第6章で検討する。

第6章 陽画表示における白背景色の評価

6.1 緒言

本章では陽画表示画面の好ましい白背景色に関する評価実験を行い、作業者が最も好む白色について検討した後、作業者が表示色から受ける印象、作業疲労および作業能率の3つの観点より、作業者にとって最適な表示色は何かを総合的に検討した。

市販のディスプレイでは経験的に文字色黒・背景色白の陽画表示がよく使われているが、背景色をどのような色みの白にすれば作業者が最も好ましいと感じるかは判明していない。陽画表示画面の好みの白背景色についての検討例はあるものの、作業による好みの白の変化については検討されていない¹²⁶⁾。作業者の好みの白は長時間作業をすることにより変わる可能性があり、作業疲労に好みの色が関与していることも考えられるので、快適に作業遂行できる色の選定には、好みの白が作業によりどの程度変化するかを考慮する必要がある。また実際に作業をしたとき、表示色から受ける印象は変化するのか、変化するとしたらどの程度か、あるいは安定してよい印象を与える表示色は何か、さらに作業疲労や作業能率に表示色がどの程度の効果を持つかの検討も要求される。

次節以降では、まず長時間作業による好みの白の変化について検討した後、表示色が作業者に与える影響を検討するために、作業者が表示色から受ける印象の変化、作業負担の大きさおよび作業能率の高さの3要因の相互作用について検討した。

6.2 好ましい白背景色¹²⁷⁾

作業前の好ましい白背景色に関する評価を評定尺度法と調整法で行い、両者の評価結果を比較検討した。

6.2.1 評定尺度法による評価

(A) 評定尺度法による評価：評価対象とする背景色として、VDT作業をするのに支障ないと思われる白色を予備実験により26種類選んだ。これらは図6-1に示すように相関色温度約3500 Kから約16000 Kの範囲の白色であった。評価の安定性を計るために、まずこの26色の中から抽出した10色を始めて呈示し、続いて26種類の白背景色を順次呈示した。被験者には評価に入る前に4桁の数字を10行5列印字したテキストを渡し、この数字列をキーボードより入力する作業を想定させた。そしてこのテキストと同配列の数字列をVDT画面に提示し、被験者に画面を約10秒間観視させた後、白背景色の好ましさの程度を図6-2の主観評価尺度図上に7点で記入させた。尺度図上には7

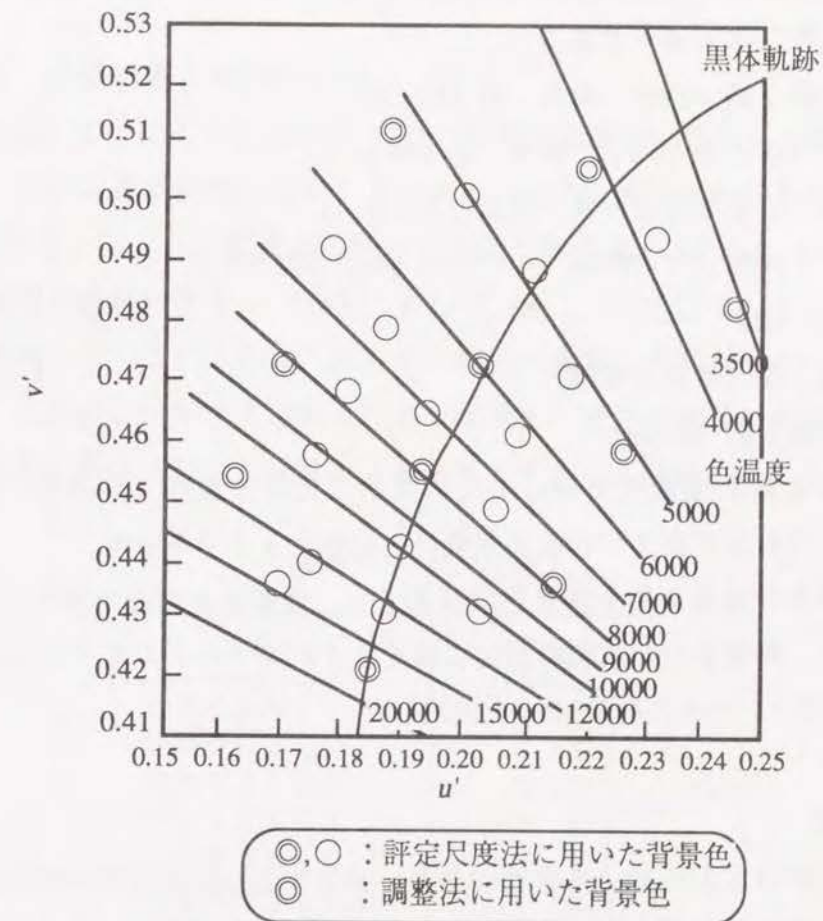


図6-1 評価に用いた白背景色の色度点

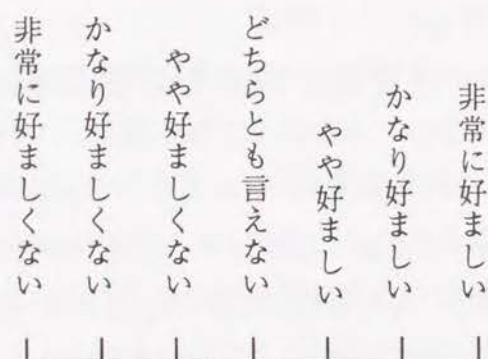


図6-2 主観評価尺度図

段階のカテゴリを設け、各カテゴリの尺度化は系列範疇法で行った。ただし、始めに呈示した10色に対する評価データは省いて処理した。

観視条件は次の通りである。

観視距離：約 40 cm，俯角：約 15～20°

水平面（床上約 70 cm）照度：約 250 lx

鉛直面（CRT管面中央）照度：約 140 lx

VDT：NEC, PC-8853n, 14インチ, 640×400ドット

蛍光体：P22

文字色：黒（無発光状態）

背景輝度：約 30 cd/m²

外光による照度変化を避けるため照明は天井蛍光灯（高演色）のみとした。このため水平面及び鉛直面照度は上に示すようであった。

背景輝度は画面全体を背景色で発光させ、画面中央付近で測光した平均輝度である。輝度及び背景色の測定にはそれぞれミノルタルミナンスメータnt-1°，トプコン分光放射計SR-1を使用した。

被験者

被験者は18才から30才の男性62名と、18才から24才の女性62名の計 124名で、彼らの色覚は正常であった。（東京医科歯科大式色覚検査表による検査をした）。また近視の者は眼鏡等で視力補正をしていた。

6.2.2 調整法による評価

被験者に赤、緑、青の3色及び輝度のダイヤルを調節させ、作業をするのに最も好ましいと感じる背景色に設定させた。設定開始前に被験者に呈示する背景色として、評定尺度法による評価に用いた白色の中から10色（図6-1に◎印で示した）を選び、被験者にこれら10色の各背景色に関して10回ずつ好みの色設定をさせた。

観視条件は評定尺度法の場合と同じである。

評価には男性23名が参加した。彼らは全員、評定尺度法による実験に参加した被験者の中から無作意に選ばれた。

6.2.3 評価結果と検討

(A) 評定尺度法による評価結果：表6-1に系列範疇法で算出した共通尺度値を示す。この共通尺度値を用いて各背景色に対する評価尺度値を求めたのが図6-3である。図より白背景色の好みの評価尺度値は 0.53 から-0.66 の範囲で、これは評価語にすると「やや好ましい」から「やや好ましくない」の範囲内に相当する。このように、得られた評価尺度値は大きくなかった。この理由として次の2つが考えられる。第1は好みの白が被験者により非常に異なったため、第2は好みの程度が各被験者とも大きくなかったためである。

表6-1 共通尺度値

評価語	共通尺度値
非常に好ましい	2. 6 7
かなり好ましい	1. 7 2
やや好ましい	0. 7 8
どちらとも言えない	0. 0 0
やや好ましくない	-0. 7 7
かなり好ましくない	-1. 6 8
非常に好ましくない	-2. 6 5

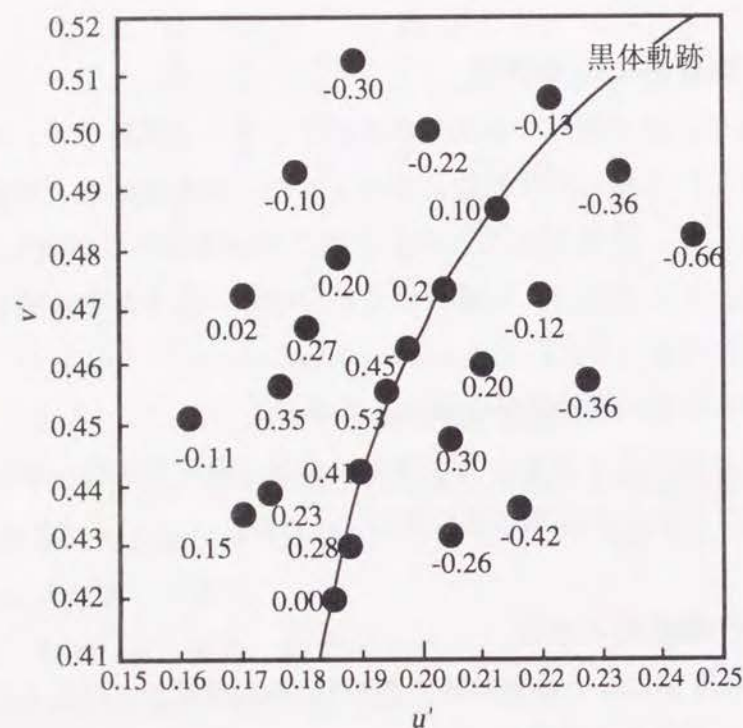


図6-3 白背景色の好みに関する評価尺度値

これらのいずれが主な理由かを検討したところ、好みの白が被験者により大きく異なるといったことはなく、第1の理由は否定された。一方、「非常に好ましい」とか、「非常に好ましくない」といった評価はほとんど見られず、第2に挙げた各被験者とも好みの程度のばらつきが比較的小さかったことが評価尺度値が小さくなった主な理由と考える。

さて、図6-3より評価尺度値の一番高かった白色度値は $u' = 0.193$, $v' = 0.453$, 相関色温度は約8000Kであることがわかる。また、この色度点から離れるに従って評価尺度値の低下、すなわち好ましさの程度の減少傾向がみられ、特に紫みが増すと急激に色の好ましさが減少する。これらの様子をわかりやすくするために、評価尺度値がほぼ等しい点を結んだのが図6-4の等評価尺度値曲線である。図には升田らが好ましい背景色とした（ペーパーホワイトと呼んでいる）の色度点も示した。明らかに相関色温度約8000Kの黒体軌跡付近の白の方が、いわゆるペーパーホワイト（相関色温度約6600K）よりも

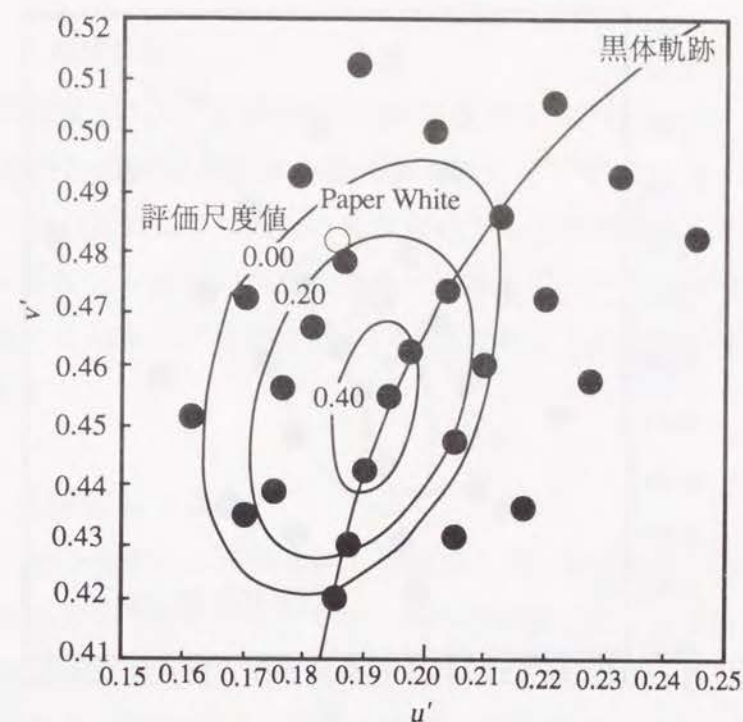


図6-4 等評価尺度値曲線

好みの評価は高いと言える。

次に、男女間の好みの違いを見たのが図6-5である。図示した曲線は評価尺度値0.4の場合のみである。この図から男性よりも女性の方が好みの色範囲が狭いこと、並びに、女性は男性の好む白よりも少し青みのある白を好むことが見て取れる。

(B) 調整法による評価結果：図6-6に評価結果を示す。好みの白背景色は10色中8色が評定尺度法で得られた等評価尺度値曲線0.4以上の範囲内に設定された。これら8点の平均色度値を求めると、 $u' = 0.190$, $v' = 0.452$ であった。この色度値は評定尺度法で得られた評価尺度値最高の色度値にほぼ等しい。つまり、どちらの評価法でも好みの白はほぼ一致した。

以上2通りの評価法による評価結果を総合すると、作業するのに最も好ましい白背景色は相関色温度が約8000Kで、黒体軌跡付近の色といえる。この白は升田らが好ましいとした白よりもやや青みの白である。

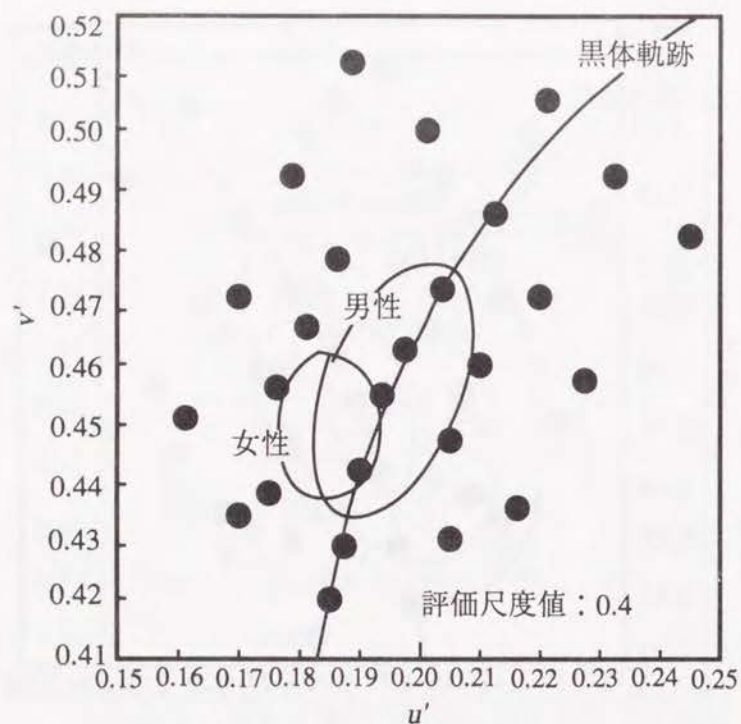


図6-5 好ましい白背景色の男女間の比較

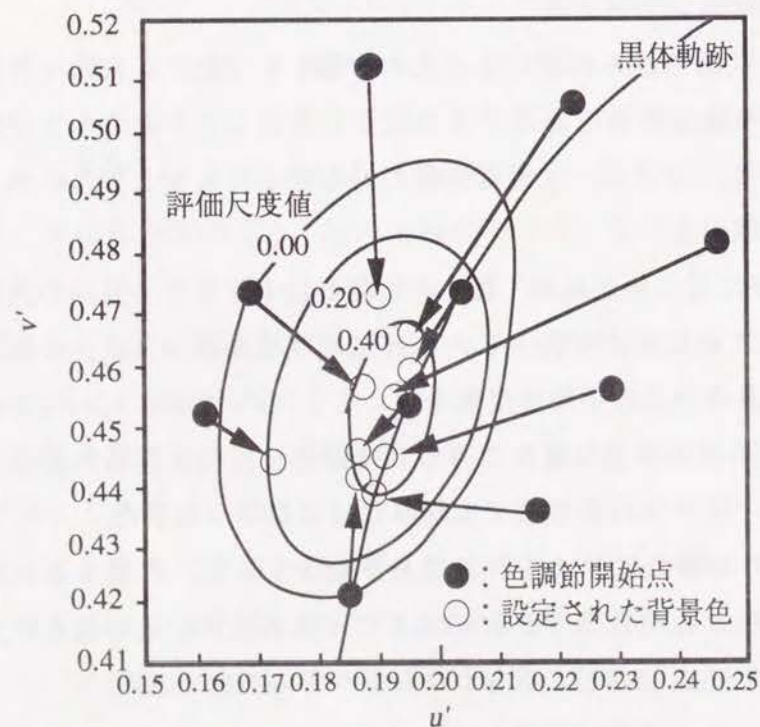


図6-6 調整法による好ましい背景色

6.3 作業の進行による好ましい白背景色の変化

作業前の好みの白背景色は前章で求めたが、すでに述べたように作業後、疲労などの要因により好みの色が変わる可能性がある。変化するとしたらどのような色が好みの色になるのか、果してペーパーホワイトの方へ変化するのか、また疲労の程度が好みの色の変化にどの程度影響を与えるのかについて検討する。

6.3.1 実験方法と条件

1日3時間の作業を5日間連続して実施した。作業の時間帯は、図6-7に示すように15分の休憩をはさんで90分間の作業が2回である。前半90分の作業を作業1、後半90分の作業を作業2と呼ぶことにする。被験者に好ましい白背景色の設定（調整法による）を作業1前と作業2後に各々10回ずつさ

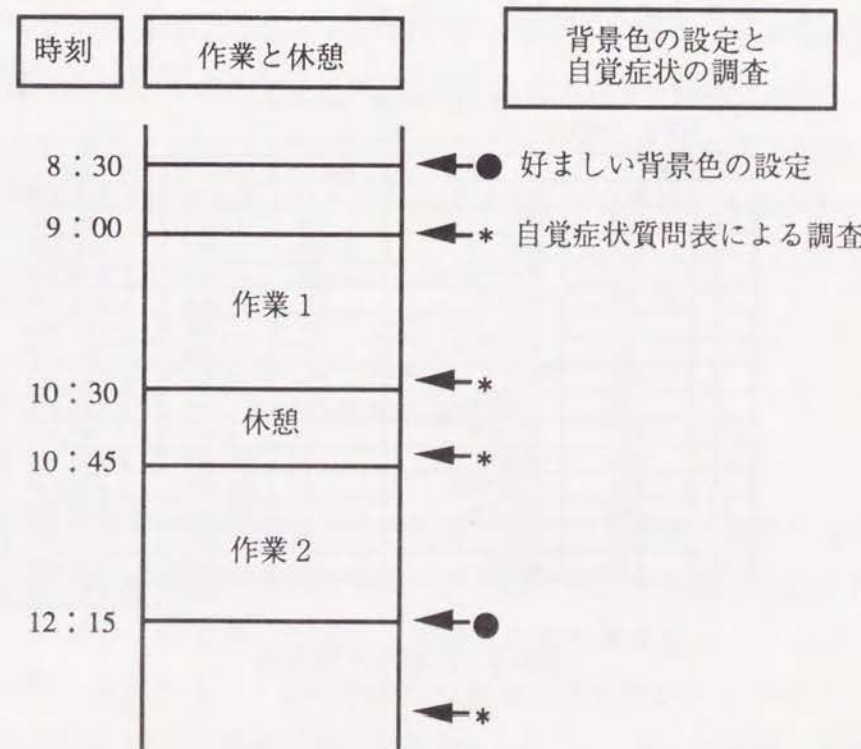


図6-7 1日の作業の時間帯

せ、それぞれの平均色度値を求めた。なお作業時の背景色は作業1前に設定させた10色のうちで、これら10色の平均色度値にもっとも近い色とした。

VDT作業としてデータ入力作業を課した。図6-8に示したテキスト（模擬伝票）の「商品コード」、「商品名」、「数量」、「単価」および「金額」の列を空覧にした伝票をVDT画面に表示し、被験者にはテキストに印字されている「商品コード」、「数量」および「単価」の3項目の数字をテンキーより入力させ、画面に自動表示される「商品名」と「金額」の項目内容とテキストの各項目内容を照合させた。誤入力の場合は随時修正するよう指示した。なお入力データは1画面ごとに異なるようにした。

また図6-7に示したように各作業前後に自覚症状検査を行い、作業疲労が背景色の好みに与える影響について検討した。症状の検査項目は表6-2に示した11項目で、これらの症状の程度を図6-9の尺度図上に記入させた。

観視条件及び使用したVDTは2.1節と同じディスプレイ（NEC、PC-8853n、14インチ、640×400ドット）である。

===== 売 上 伝 票 =====					
得意先 京都マーケット 様					
No.	商品コード	商品名	数量	単価	金額
1	212	黒板	19	25,570	485,830
2	108	鍋	170	1,430	243,100
3	171	角帯	863	7,380	6,368,940
4	51	ポスターカラー	1,090	490	534,100
5	94	植木鉢	7,347	850	6,244,950
6	121	カレンダー	67	2,400	160,800
7	60	ペーパーナイフ	5,971	550	3,284,050
8	161	花瓶	759	6,310	4,789,290
9	75	バスタオル	4,466	610	2,724,260
10	147	バッテリー	10	4,030	40,300
11	250	送信機	69	52,650	3,632,850
12	218	食器乾燥器	89	20,340	1,810,260
13	288	五月人形	11	93,940	1,033,340
14	219	毛布	68	27,850	1,893,800
15	178	魔法瓶	190	7,510	1,426,900
合計					34,672,800

図6-8 作業用テキスト

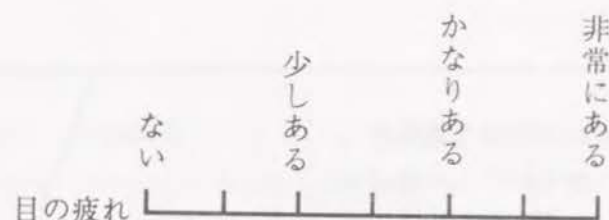


図6-9 自覚症状調査用の尺度図

被験者

20才から23才の男性 3名（Ni,Yo,Nz）と20才の女性 1名（Oz）を被験者とした。彼らの色覚は正常であった。

6.3.2 実験結果と検討

作業1前と作業2後に被験者が設定した好ましい白背景色を図6-10に示す。どの被験者も作業による好みの白の変化は大きくない。この変化量を色差（5日間の平均）で表現すると約0.005から約0.008の範囲であった。色差がこの程度の場合、色の差を弁別できるかどうかを相関色温度で考察した。色温度弁別閾を5.5 mired とし¹²⁸⁾、次式より求めた色温度を表6-3に示す

$$T_{th} = \frac{T_b}{1 + 5.5 \times 10^{-6} \times T_b}$$

T_{th} = 色温度の弁別閾
 T_b = 作業前の相関色温度

この色温度弁別閾と作業後の好みの背景色の相関色温度を比較すると、被験者Ozを除いて、作業後の相関色温度が弁別閾の外にある場合（表中に*印を付した）が多い。つまり、作業による好みの白の変化量は小さいが、作業前後の色の差を弁別できるくらいの変化はあると考えてよい。

次に、好みの白背景色の変化の方向を図6-10を見ると、作業後、相関色温度が黒体軌跡にそって（偏差0.002以内）低下する傾向が見られた。しか

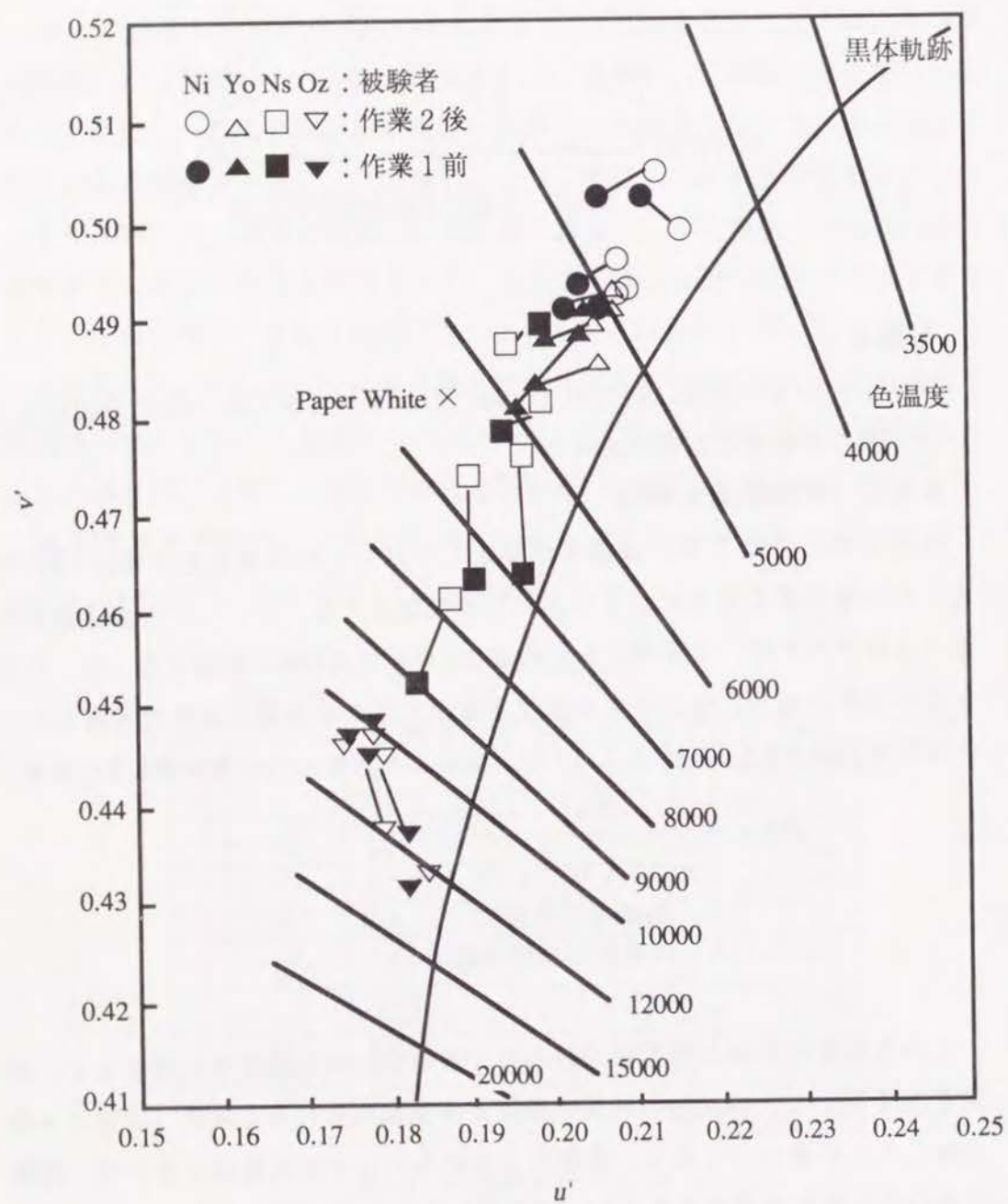


図6-10 好ましい白背景色の変化

表6-3 作業前後の好ましい白背景色の相関色温度と色弁別域

			作業日(日)					
被験者	作業日		1	2	3	4	5	平均
Ni	作業前		5800	6000	5500	5400	5200	5580
	作業後		5300*	5300*	5200*	5000*	5200	5200*
	弁別域	上限	5991	6205	5672	5565	5353	5757
		下限	5621	5808	5339	5244	5050	5414
Yo	作業前		4700	4600	5300	5100	5100	4960
	作業後		4400*	4400*	4800*	4800*	4900*	4660*
	弁別域	上限	4825	4719	5459	5247	5247	5099
		下限	4582	4487	5150	4961	4961	4828
Ns	作業前		6900	7400	6200	5400	9000	6980
	作業後		6200*	6600*	5800*	5800*	7700*	6420*
	弁別域	上限	7172	7714	6419	5565	9469	7259
		下限	6647	7111	5996	5244	8576	6722
Oz	作業前		12700	11800	10600	10400	10000	11000
	作業後		12200	10500*	11800*	10200	10900*	11120*
	弁別域	上限	13654	12619	11256	11031	10582	11822
		下限	11871	11081	10016	9837	9479	10461

(単位:K)

し、ペーパーホワイト方向へは変化しなかった。

作業疲労に関しては従来から言われている「目の疲れ」や「全体的な疲れ」の訴えが顕著にみられた。図6-11は5日間の作業における疲労感の変動を例示したもので、疲労感は一作業後に増し、15分の休憩でやや低下するものの、続く作業2後に再び増加する。また、作業日の経過と共に作業2後での疲労感が増大する傾向もみられる。こうした作業疲労感の変化と好みの白背

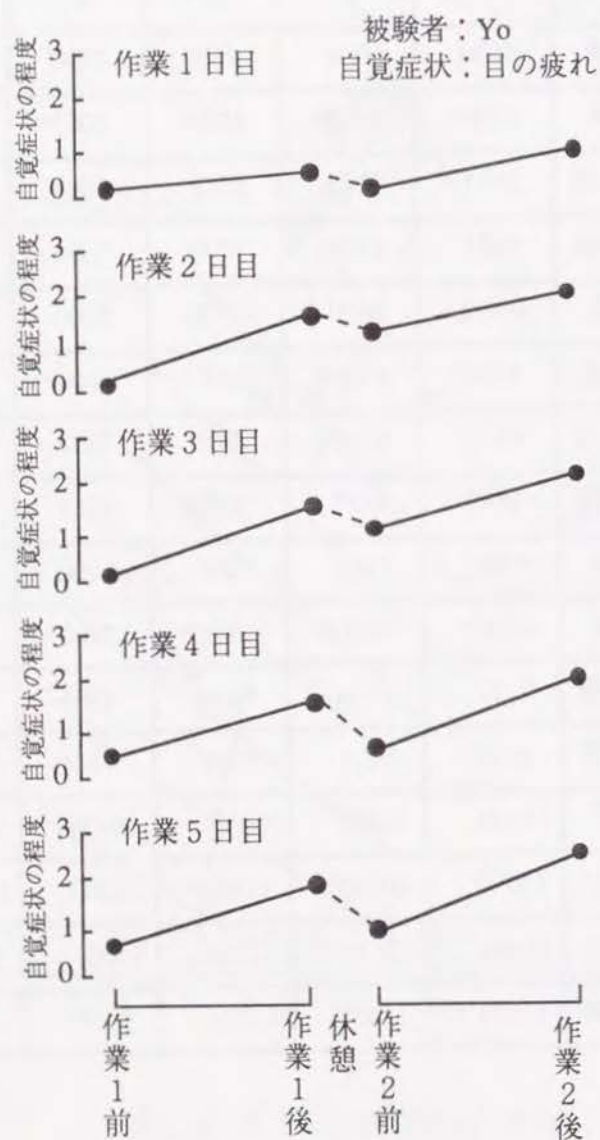


図6-11 作業の経過と自覚症状の程度

景色との関係を調べたのが表6-4である。数値は自覚症状の変動量と好みの背景色の相関色温度の変動量との相関係数である。ここで、

$$\text{自覚症状の変動量} = S_a - S_b$$

S_a : 作業2後の自覚症状の程度

S_b : 作業1前の自覚症状の程度

$$\text{背景色の相関色温度の変動量} = CT_a - CT_b$$

CT_a : 作業2後の相関色温度

CT_b : 作業1前の相関色温度

とした。表6-4をみると被験者NiとNsには負の相関が比較的多くみられ、つまり疲労感が増すに従って相関色温度が低くなるといえる。一方、被験者YoとOzでは大部分が正の相関で、疲労の増加と相関色温度の低下量との間の相関はほとんどない。結局、疲労感の程度と好みの白背景色との間には症状によっては高い相関がみられる場合もあるが、被験者によりその症状が異なり一定した傾向は見られない。この点に関しては得られたデータが少ないこともあり明確な結論は得られない。さらに検討の必要がある。

表6-4 作業負担の程度と相関色温度の変化量との関係

自覚症状	被 験 者			
	Ni	Yo	Ns	Oz
視力が落ちた感じ	-0.281	0.269	-0.592	0.478
目の疲れ	-0.119	0.000	0.120	0.817 #
目の痛み	0.106	0.000	-0.660	0.478
目の乾き	0.000	0.000	-0.660	0.293
全体的な疲れ	-0.583	0.261	-0.756	0.120
肩こり	0.288	-0.866 #	0.373	0.642
眠気	-0.763	0.577	0.007	-0.481

(#: $p < 0.01$)

6.4 白背景色と作業負担および作業能率の関係¹²⁹⁾

6.4.1 実験方法と条件

表示色

VDT画面に呈示した表示色は表6-5に示すように陽画表示（明るい背景に暗い文字）が4種類、陰画表示（暗い背景に明るい文字）が2種類の計6種類である。陰画表示の文字色には、従来からよく使用されている緑と白を選び、一方、陽画表示の背景色には白みの違いによる影響を見るために図6-12に示す4色を選んだ。相関色温度が約4800Kの白1と約6600Kの白2はそれぞれエッグシェルホワイト、ペーパーホワイトと呼ばれる白である。相関色温度約8000Kの白3は、6.2節の好ましい白背景色の評価実験で最も好ましい白と評価された色である。さらにこの白3より相関色温度の高い白4（相関色温度約14000K）は、白2とほぼ等しい好ましさの評価を得た白である。

作業内容と作業時間

図6-13に示すように画面に1から9までの数字を7行39列呈示し、V形状のカーソルで指示した2数字の和の下1桁をテンキーより入力させる作業を被験者に課した。入力結果が正しければカーソルを右へ1文字分自動的に移動させ、逆に入力結果が正しくなければその数字を消去し、再入力させた。

表6-5 表示色の種類

表示モード	文字色	背景色
陽画表示	黒	白1
		白2
		白3
		白4
陰画表示	緑	黒
	白3	

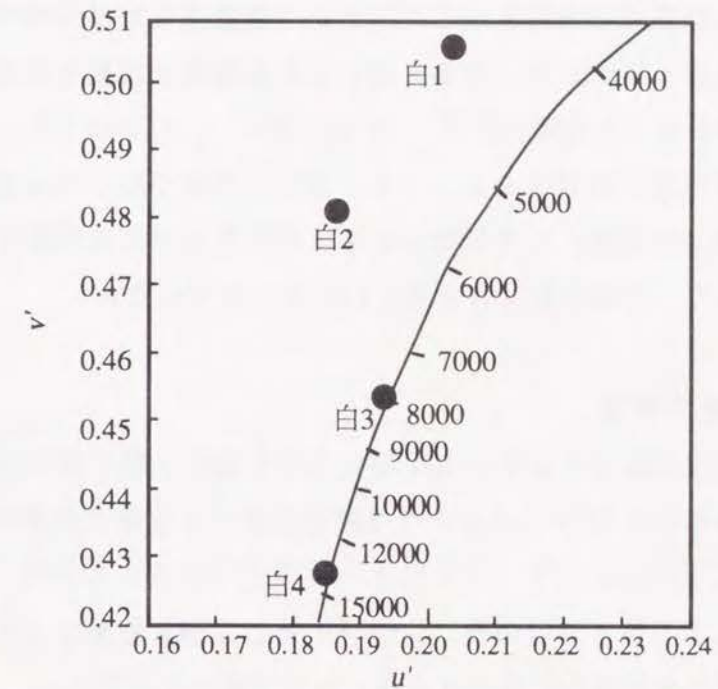


図6-12 陽画表示の白背景色の相関色温度

3845845148258498625721
1293296520732374872
5247591857892462348523
7612409325716085
8496513841753957984578
23516
8127594392598158194894
8738643216532436439485
5436138728421671943659

図6-13 作業用画面の一部

1行の入力制限時間は20秒とし、この時間を越えるとカーソルを強制的に次行の左端に移動させ入力待ちとした。また1画面の入力制限時間（140秒）を越えると次画面を呈示した。なお、呈示した数字列は乱数を使用して作成し、いずれも異なるようにした。

1日の作業時間は1時間である。1日1表示色の割で順に色を変え、6日間継続して作業させた後、1日の休みを与えた。この一連の作業を6週間続けた。したがって、作業回数は各表示色につき6回ずつである。

表示色の印象の評定

5.2節で使用了図5-2に示す20個の評定項目を用い、表示色の印象の程度を評定（9段階のカテゴリー）させた。評定に際して被験者に次のような教示をした。

「画面の色（文字の色と背景の色）について感じる印象を評定して下さい。評定は各形容詞対の尺度上の該当する所にレ点で記入して下さい。」

このような評定を1時間作業の前後に行ない、作業による印象の変化を調べた。さらに1週間ごとの印象の変化を見るために、第1週から第6週までの各週の作業開始の前日と第6週作業終了の翌日にも評定（評定回数は5回）を行った。

なお評定の各カテゴリーには、5.2節の図5-4に示したように数値-4から+4を割り当て、印象の程度を表す評価値とした。

実験条件

実験に使用したVDTは高解像度ディスプレイ（NEC、PC-8853n、14インチ、640×400ドット）である。

陰画表示の文字色および陽画表示の背景色の輝度はともに約30 cd/m²に設定した。輝度の測定は次のようにした。陰画表示の場合、文字色で管面中央にブロックパターン（縦約11 mm×横約8 mm）を呈示し、一方陽画表示の場合は背景色を管面全体に呈示しいずれも管面中央付近の平均輝度を測定し

た。使用した輝度計はミノルタルミナンスメータ nt-1[°] である。

表示色の測定には分光放射計（トプコンSR-1）を使用した。

照明は外光を遮断し高演色ランプによる天井照明を施した。このときの水平面照度（床上約70 cm）は約250 lx、鉛直面照度（CRT管面中央）は約140 lxであった。

観視距離は被験者により異なり約40～60 cm、俯角は約15～20°であった。

被験者

被験者は22才と23才の男子学生5名で、いずれも色覚正常であった（東京医科大式色覚検査表による検査を実施）。被験者Yoはコンピュータの使用経験が1年未満であったが、その他の被験者はいずれも2年以上のコンピュータの使用経験を持っていた。

6.4.2 実験結果と検討

（1）表示色の印象の変化

表示色に対する評価要因の分析を被験者ごとに行った。その理由は、被験者が5人と少なく個人差が大きい可能性があるため、全体的な評価要因を抽出するのは必ずしも適切でないと判断したからである。評定項目を変量、表示色×評定回数をケースとして主因子法による因子分析を行った。得られた因子とその寄与率の一部を表6-6に示す。ここに示した3因子の寄与率は被験者により異なるが、累積寄与率を見ると表示色評価要因の約92%から98%がこの3因子で説明されいると解釈できる。因子I、II、IIIはそれぞれ表示色の「好ましさ」、「華やかさ」および「文字の見やすさ」と解釈され、5.3節（表示色の印象の意味構造に関する評価実験）で明らかにされた3因子とほぼ等しいことが確認された。次に因子分析後、固有値が1.0以上の因子についてのみバリマックス回転を行い因子負荷行列を求めた。表6-7に見られるように、被験者により各因子に含まれる評定項目にいくつか違いがある

表6-6 バリマックス回転前の評価因子の寄与率 (%)

被験者	因子I	因子II	因子III	累積
Ho	54.66	20.33	16.81	91.80
No	72.27	21.05	3.99	97.31
Tu	81.98	11.59	2.77	96.34
Ya	76.26	16.53	4.79	97.58
Yo	78.36	13.78	4.53	96.67

が、どの被験者も因子Iの表示色の「好ましさ」の寄与率が一番大きいことでは一致している。したがって図5-2に示した20個の評定項目のうち、「好ましくない—好ましい」の項目による評価が表示色の総合的評価に最も適していると考えられるので、この項目の印象の変化について検討した。

まず、1時間の作業で好ましさの印象がどのように変化するかを検討した。図6-14はその1例である。この図から陰画表示と陽画表示のどちらの場合も作業後、好ましさの印象は悪くなる傾向が見て取れる。ただし、この印象の評価値の低下量はいずれの表示色の場合も1から3の範囲にある場合が多く、それより大きな変化はまれであった。「好ましさ」の印象の変化量（1時間作業後の評価値—1時間作業前の評価値）を特性値として分散分析した結果、表6-8に見られるように表示色間に有意差は認められず、個人差が統計的に有意（有意水準1%）であることがわかった。これらの結果より、1時間作業による「好ましさ」の印象の低下傾向は一般的に認められるが、表示色の違いによる差は顕著でないといえる。

次に、第1週から第6週までの各週の作業開始の前日と第6週作業終了の翌日に行った表示色の印象の評価結果より、一週間ごとの印象の変化を検討する。その1例が図6-15である。この例では陽画表示の場合、作業の経過に伴って1週間ごとに印象が悪くなる傾向にあるが、陰画表示の場合にこのよ

表6-7 バリマックス回転後の因子負荷量

評 定 項 目	被験者 Ho			被験者 No			被験者 Ya			被験者 Yo			被験者 Tu	
	因子I	因子II	因子III	因子I	因子II	因子III	因子I	因子II	因子III	因子I	因子II	因子III	因子I	因子II
調和していない—調和している	0.905	0.177	-0.155	0.931	-0.095	0.089	0.641	0.213	0.687	0.911	-0.199	0.354	0.961	-0.074
親しみにくい—親しみやすい	0.901	0.155	-0.003	0.962	-0.086	-0.028	0.804	0.156	0.553	0.894	-0.256	0.347	0.980	-0.014
不快な—快適な	0.866	0.383	-0.141	0.968	-0.145	-0.093	0.813	0.096	0.553	0.757	-0.213	0.592	0.956	0.015
疲れやすい—疲れにくい	0.839	0.096	-0.017	0.914	-0.199	-0.254	0.862	0.009	0.458	0.653	-0.338	0.649	0.965	-0.153
いらいらする—いらいらしない	0.832	0.390	-0.032	0.936	-0.142	-0.265	0.833	0.037	0.522	0.762	-0.208	0.596	0.976	-0.044
うわついた—落ち着いた	0.818	-0.275	0.388	0.830	-0.407	-0.332	0.571	-0.493	0.583	0.912	-0.262	0.252	0.923	-0.317
作業しにくい—作業しやすい	0.812	0.435	-0.287	0.971	-0.118	-0.153	0.783	0.045	0.599	0.759	-0.229	0.592	0.984	-0.041
集中できない—集中できる	0.791	0.523	0.040	0.968	-0.109	-0.150	0.797	0.032	0.585	0.749	-0.242	0.585	0.980	-0.012
文字がみにくい—文字がみやすい	0.669	0.677	0.010	0.932	-0.156	-0.247	0.622	-0.005	0.763	0.765	-0.181	0.601	0.942	-0.031
平凡な—いきな	-0.831	0.149	-0.098	-0.876	0.298	0.289	0.036	0.781	-0.340	-0.923	0.281	-0.189	0.118	0.339
地味—あざやか	-0.699	0.428	-0.417	-0.427	0.721	0.430	0.172	0.880	0.257	-0.927	0.260	-0.204	-0.427	0.851
文字がぼんやりした—文字がはっきりした	0.154	0.914	0.096	0.876	-0.268	-0.121	0.500	0.069	0.833	0.430	-0.107	0.677	0.931	0.216
目立たない—目立つ	0.138	0.852	0.202	-0.556	0.640	0.444	0.449	0.009	0.875	-0.380	0.896	-0.184	0.564	0.310
きたない—美しい	0.104	0.709	-0.157	-0.220	0.287	0.747	0.445	0.531	0.572	0.163	-0.042	0.709	0.855	0.061
文字がにじむ—文字がにじまない	0.297	0.708	-0.111	0.521	-0.692	0.030	0.516	0.119	0.802	0.767	-0.023	0.508	0.952	0.045
まぶしい—まぶしくない	0.099	-0.152	0.938	0.261	-0.903	-0.285	0.836	-0.362	0.193	0.278	-0.923	0.233	0.903	-0.330
暗い—明るい	0.100	0.086	-0.964	-0.221	0.891	0.334	-0.359	0.778	0.128	-0.277	0.937	-0.182	-0.060	0.929
映り込みが気になる—映り込みが気にならない	-0.007	-0.394	-0.748	0.192	0.918	0.056	-0.803	-0.064	-0.347	-0.031	0.930	0.048	-0.839	-0.178
ちらつく—ちらつかない	-0.205	0.366	0.349	0.041	-0.922	0.064	0.546	0.571	0.345	0.510	-0.433	0.397	0.944	-0.189
好ましくない—好ましい	0.866	0.431	-0.169	0.974	-0.076	-0.143	0.807	0.140	0.554	0.697	-0.286	0.632	0.939	-0.054
バリマックス回転後の寄与	8.308	4.636	3.069	11.326	5.273	1.629	8.487	3.098	6.398	9.318	4.389	4.467	14.760	2.164
バリマックス回転後の寄与率 (%)	51.884	28.949	19.167	62.136	28.928	8.936	47.194	17.225	35.581	51.274	24.148	24.578	87.214	12.786

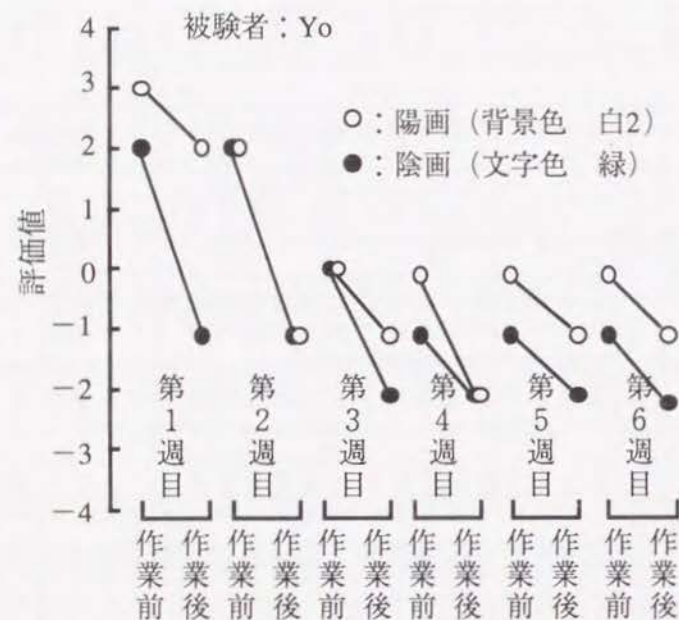


図6-14 1時間作業による「好ましさ」の印象の変化

表6-8 1時間作業による好ましさの評価値の
変化量の分散分析

Factor	偏差平方和	自由度	分散	分散比
A:表示色	4.11	5	0.82	0.61
B:被験者	28.09	4	7.02	5.20*
A×B	36.11	20	1.81	1.34
誤差	202.67	150	1.35	
Total	270.98	179		

* : $P < 0.01$

うな低下傾向は見られず、比較的安定した評価を得ている。好ましさの評価が比較的高くかつ安定している表示色を被験者別に見ると、被験者Hoでは陽画表示の背景色白1、白3および白4であったのに対し、被験者Tuでは図6-15に示した陰画表示の文字色白3のほかに文字色緑、さらに被験者Ya、Yoでも陰画表示のそれぞれ文字色緑、文字色白3であった。

1週間ごとの「好ましさ」の印象の変化量を特性値として分散分析した結

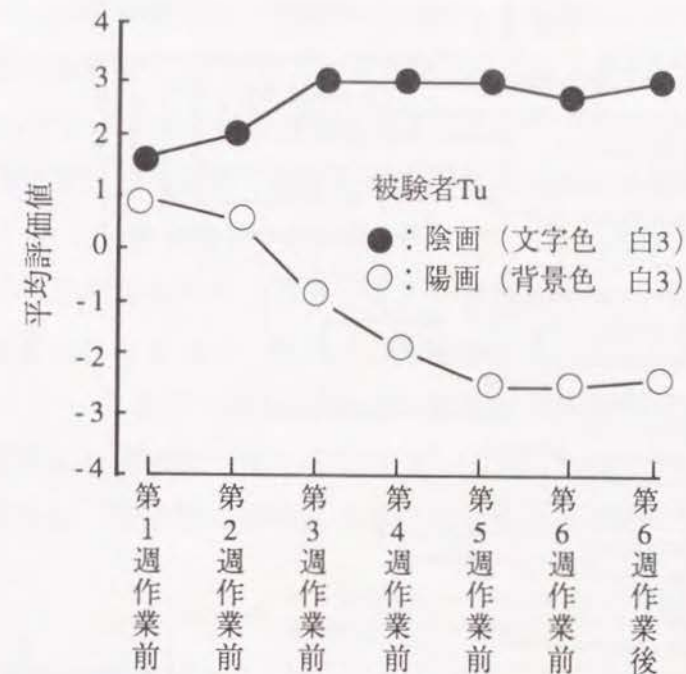


図6-15 1週間ごとの「好ましさ」の印象の評価

果、表示色間 ($F(5,150)=0.23$)、被験者間 ($F(4,150)=1.85$) とともに有意差が認められなかった。これらの結果が示すように、「好ましさ」の印象の変化は表示色間で有意でなく、全被験者に共通して好ましい表示色を選定することは出来なかったが、表示モードに関しては陰画表示の方が陽画表示よりも好ましい印象を安定して与える場合が多いと言える。5.3節で示したように、表示色の好ましさには親密性や快適性などが主に寄与していることを考えると、被験者が日常的に陰画表示を使用していることが、この結果に大きく影響していると推定される。

(2) 表示色と作業疲労

図6-16にCFFの変動率（作業6回の平均値と標準偏差）ならびに各表示色間の差についてのt検定結果を示す。いずれの表示色の場合も作業後CFFは低下しており、作業による疲労が認められる。この変動率の大きさを被

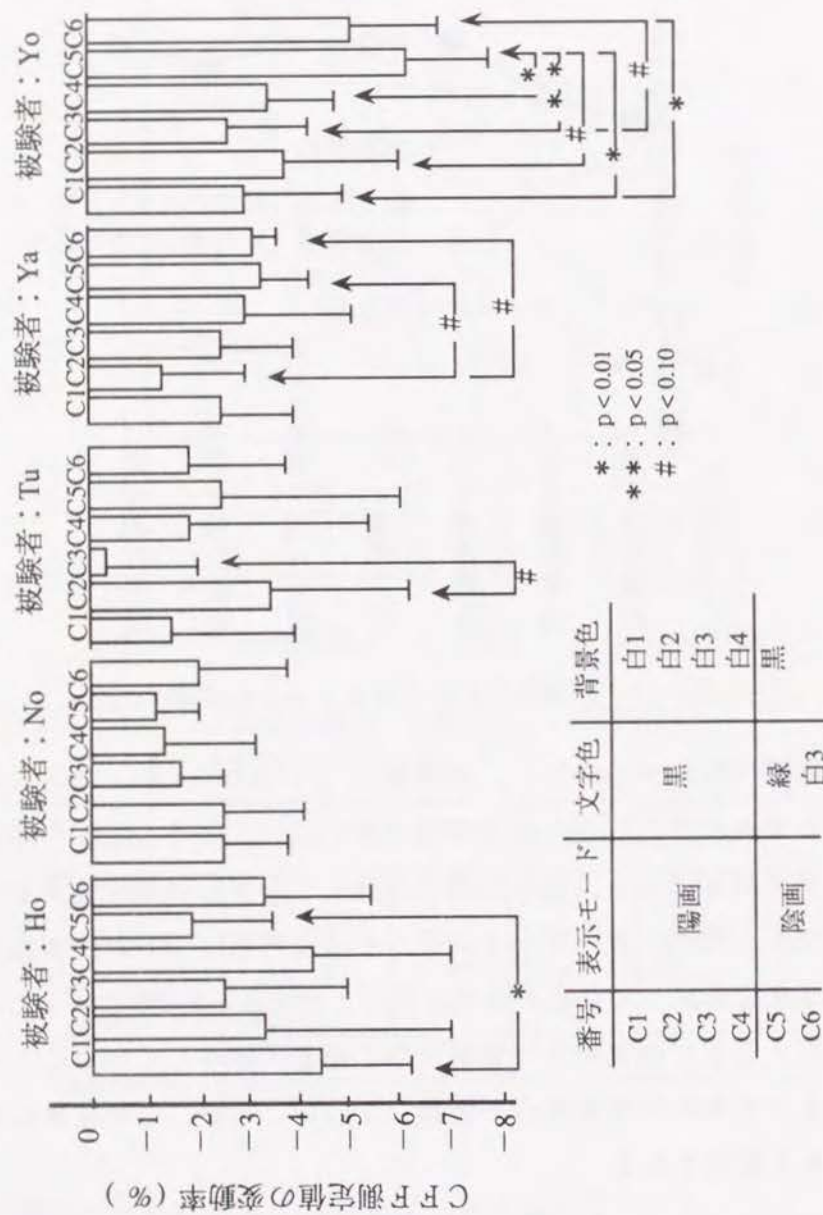


図6-16 CFFの変動率

験者別に見る。まず被験者Hoでは陰画表示の文字色緑の場合がCFF変動率は小さく、陽画表示の白1との間に有意水準5%で有意差が認められた。しかし、被験者Yoでは陽画表示の方が陰画表示よりもCFF変動率は小さく、両表示モード間で統計的有意差も認められた。被験者Yaでも陽画表示の方がCFF低下は小さく、背景色白2と陰画表示の2つの文字色との間に有意差（有意水準10%）が見られた。残りの2人の被験者については陽画と陰画の間に有意差は見られなかった。CFFの変動率を特性値として被験者を加味した分散分析をした結果、表示色間に有意差は認められず（ $F(5,150)=1.23$ ），被験者間に有意水準1%で有意差（ $F(4,150)=7.48$ ）が認められた。以上見てきたように、表示色の違いによる作業疲労の差は必ずしも明確ではない。

（3）表示色と作業能率

作業能率（作業1分間当りの正答数）の例を図6-17に示す。作業1分間当りの正答数は1時間作業で得られ正答数を60で割ったものである。いずれの被験者の場合も各表示色間に統計的有意差（t検定）は認められず、表示色の違いによる作業能率の差は小さい。その中で比較的作業能率の高かった表示色を挙げると、被験者Noでは陽画表示の背景色白1と白3であり、被験者Tuでも陽画表示の背景色白1から白4であった。また、被験者Yoでも陽画表示（背景色白1）が一番作業能率が高かった。その他の被験者では陰画表示と陽画表示の間で作業能率に顕著な差は見られなかった。被験者を加味した2要因分散分析をした結果、表示色間に有意差は認められず（ $F(5,150)=0.39$ ），被験者間に有意水準1%で有意差（ $F(4,150)=32.90$ ）が見られた。表示色間に有意差が見られなかった理由として、1日1時間の作業という作業量の少なさが考えられる。今回の実験とは作業内容は異なるが、武田は1日5時間作業でも作業成績に関して表示色の違いによる統計的な有意差が認められなかったと述べている¹³⁰⁾。

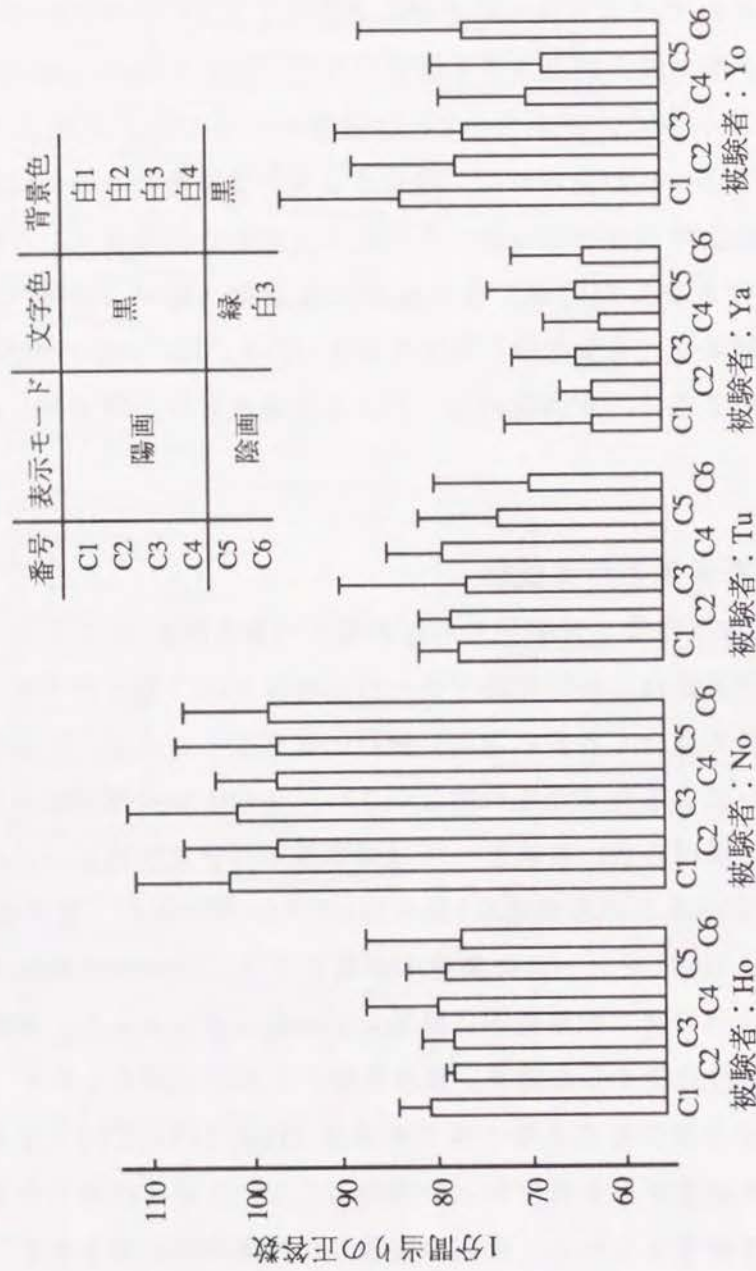


図6-17 1分間当たりの正答数

6.5 結言

本章では、まず作業前の好ましい白背景色に関する評価を行い、次に長時間作業による好みの白の変化について検討した。最後に、作業者が表示色から受ける印象の変化、作業負担の大きさおよび作業能率の高さの3要因に関して考察し、最適表示色を総合的に検討した。その結果をまとめると次のようになる。

- (1) 作業に最も好ましい白背景色は相関色温度約8000Kであった。
- (2) 作業後、好みの白背景色は黒体軌跡に沿って相関色温度の低下傾向があるが、その低下の程度は小さかった。
- (3) また、作業負担が好みの白背景色の変化に及ぼす影響は被験者により異なった。
- (4) 作業により好ましさの印象の低下傾向が認められたが、全被験者に共通して低下量の小さい表示色は見出せなかった。しかし表示モードに関していえば、長期間作業を継続するに伴い、作業前の好ましさの印象は陽画表示の場合悪くなるが、陰画表示では好ましさの評価は比較的高くかつ安定していた。
- (5) 一方、作業負担が少なく作業能率の高い表示色は陽画表示に多く見られた。

以上のことを総合すると陽画表示画面の背景色は8000K付近の白ということになる。今後の課題は上記3要因の他にさらに他の要因を考慮して、より総合的な検討を行うことである。

第7章 結 論

19世紀に始まった工業化時代の進展により、人間の肉体的負担は機械に人間の身体的能力の一部を代行させることで著しく低減した。これに続く情報化時代と呼ばれる今日、コンピュータ技術の発展はオフィスにおける技術革新を急激に進展させ、生産性の向上をもたらした。しかし、VDTのオフィスへの導入が飛躍的に進展するにつれ、新しい形態の作業による作業者の健康障害が大きな社会的問題としてクローズアップされてきた。VDTのオフィスへの普及は今後もさらに続くと予想され、快適な作業を実現するためにも作業者の感覚器や精神機能に対する負荷の低減に関する研究が要求されている。

本研究はこのような社会的背景をもとになされた。本研究によって作業負担の評価法としてCFFが有効であることを明らかにするとともに、VDT画面の輝度、色ならびに表示モードについて、生理・心理的負担を軽減できる画面表示を詳細にわたって解明できた。

本研究において得られた成果はそれぞれの章に結言として記述したが、その要点をまとめると次の通りである。

第2章では、まずCFFの測定方法と条件をCFF測定値の変動率の大きさと精度の点から検討した。CFFの測定方法としては調整法、極限法および恒常法について、測定条件としては検査光光源の輝度、大きさ（視角）、色および単眼・両眼CFFについて比較検討した。その結果、CFFの測定方法としては極限法が一番精度が高いこと、検査光光源の輝度は 120 cd/m^2 よりも 500 cd/m^2 付近のほうが変動率が高いこと、光源の大きさは視角 1° のほうが視角 2.5° より精度が高く、視角 0.5° より変動率が高いこと、光源の色は緑、赤、黄のいずれでも、また、単眼CFFと両眼CFFのどちらでも変動率の大きさや精度に顕著な差はないことが判明した。

VDT作業による負担の程度を主観評価により定量化し、得られた主観評価値とCFF測定値の変動率（客観的評価値）との間の相関を検討した。その結果、CFFは精神疲労、自律神経失調および眼精疲労に関する自覚症状との相関が高いことが明らかとなった。また、長作業時間による負担の程度を主観的ならびに客観的評価した結果、1日6時間作業よりも4時間作業の方が負担も軽く、回復も早いことを定量的に確認した。

第3章では、英文字の認知が文字色（緑、白、赤）や罫線（白）によってどのような影響を受けるかを検討した。背景中にテスト文字を呈示した場合、背景と同色のテスト文字に罫線を付加したものよりも、背景とテスト文字の色を違えたものの方が明らかに読取りが速かった。これは、カラー文字表示がモノクローム表示に比べて可読性の点で有利であることを示唆する。

次に、漢字表示とカタカナ表示の読みやすさについて比較検討した。読みやすさについては読取りに要する時間と読取りの正確さを測定した。その結果、漢字文はカタカナ文より読取りが速いうえ、読取りの正確さにおいても優れていることを明らかにした。さらに、読取りによる負担の程度も漢字文の方が小さいことを示した。

第4章ではVDT画面の陰画表示（暗い背景に明るい文字）と陽画表示（明るい背景に暗い文字）について、作業をするのに好ましい文字輝度と背景輝度を調整法により求めた。その結果、好ましい文字輝度（陰画表示）と背景輝度（陽画表示）はともに約 30 cd/m^2 であることを示した。また、文字色の補色残像の持続時間を測定し、注視時間と色残像持続時間は呈示色にかかわらず比例関係にあるが、赤に対する持続時間がその他の色の場合よりも20～30秒長く、また輝度の違いについては被験者により約4倍ほど持続時間が異なり、輝度 70 cd/m^2 で100秒近く残像が続くことが示された。したがって、輝度はなるべく低くする方が残像は残りにくいといえるが、見やすさとの関係もありあまり低く出来ない。結論として、好ましさの評価により得られた輝度値 30 cd/m^2 がよいことを示した。

第5章では、文字色と背景色の組合せはどちらの表示モードの方が主観的

に好ましいかをThurstoneの一対比較法により求めた。その結果、陰画表示の方が陽画表示よりも好みの評価は高いことを示した。次に、SD法を用いてVDT表示色の印象の意味構造を解析するとともに、表示色の好ましさの心理要因を分析した。その結果、表示色の評価因子は好ましさ、華やかさおよび文字の見やすさの3因子であることが判明した。また、表示色の好ましさの心理要因は親密性、快適性、作業性、疲労感および文字の見やすさの5要因であることなどが明らかとなった。さらに、表示モードの違いにより作業負担に差があるかどうかを検討し、作業負担は陽画表示の方が陰画表示よりも小さいことを明らかにした。

第6章では、陽画表示画面の白背景色の好みに関する主観評価実験を作業前後に行い、作業員にとって最適な白色について検討した。好ましさの評価は評定尺度法と調整法で行った。その結果、作業をするのに好ましい背景色は相関色温度約8000Kの黒体軌跡付近の白であることを明らかにした。また、作業後、好みの白は黒体軌跡に沿って低下の傾向を示すが、その低下の程度は小さいことを明らかにした。

最後に、VDT作業員が表示色から受ける印象の変化、作業による疲労および作業能率の3つに関して最適な表示色を総合的に検討した。その結果、次のことが明らかになった。作業により好ましさの印象の低下傾向が認められるが、全被験者に共通して低下量の小さい表示色は見出せない。しかし長期間作業を重ねるにつれて、作業前の好ましさの印象は陽画表示の方が悪くなるが、陰画表示では好ましさの評価は比較的高くかつ安定した傾向にある。一方、作業疲労が少なく、作業能率も高い表示色は陽画表示に多い。

残された課題は次の如くである。第2章ではCFFが視覚のみならず精神的負担を表わす指標であるとの仮定のもとに測定法の検討を行なったが、VDT作業負担に関してその仮定の正しいことの確認は一部に留まっているので、さらにこの検討が必要である。

第3章では陽画表示のときの表示文字の認知負担、さらには陰画表示と陽画表示が混在した状態での作業員の認知ならびに作業負担について吟味する

必要がある。それによって表示モードと認知や読み取り負担の総合的な解釈が可能になる。

第4章ではVDTが設置される環境との関係より最適表示輝度を吟味する必要がある。つまり画面の背景（窓や壁）の輝度と画面輝度との関係が作業負担に影響するため、この点も含めた評価が必要である。

第5章と第6章に於ては、表示色と照明の色温度の関係についての評価が必要がある。特に広い表示面積を持つ白背景色に対しては、照明色の違いにより色味が異なって見える可能性がある。この点について明らかにする必要がある。

以上述べてきたように、VDT作業による作業負担を低減できる表示法についてその一部が解明できた。本研究によって得られたこれらの成果が、VDT機器の開発にいくらかでも役立てば、筆者にとって幸いである。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、格別のご高配により懇切なるご指導を賜った京都大学工学部電気工学教室教授藤田茂夫博士に深甚なる感謝の意を表わします。また適切な御助言ならびに御指摘を頂いた京都大学工学部電気工学教室教授安陪稔博士と同工学部応用システム科学教室教授英保茂博士に厚く感謝の意を表わします。

本論文は京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科教授西村武博士の懇切なるご指導とご鞭撻のもとに行なった研究をまとめたものである。先生に心からの謝意を表わします。

本論文の細部にわたって議論して頂くと共に幾多のご指摘を頂いた京都大学工学部電子工学教室教授板谷良平博士(現・新居浜工業高等専門学校校長)に深甚なる感謝の意を表わします。

本研究を遂行するにあたり、終始暖かい激励の言葉を頂くとともに、視覚生理、心理に関するご教示を頂いた京都大学大学院人間・環境学研究科教授江島義道博士に厚く感謝の意を表わします。

本研究が人と情報機器とのインタフェースの研究に発展することを示唆して下さるとともに、日頃から有益なご助言を頂く京都工芸繊維大学工芸学部教授黒川隆夫博士と同教授田村博博士に心から感謝の意を表わします。

本研究について有益なご助言を頂くとともに、VDT作業環境の現場調査への参加を薦めて頂き作業者の声を聞く機会を与えて下さったり、VDTの文献データベース作成グループに参加させて頂いた関西医科大学助教授中迫勝博士、滋賀医科大学助教授西山勝夫博士ならびに大阪府立公衆衛生研究所主任の田井中秀嗣氏に深謝します。また、近年急速に問題化しているCAD作業における負担に関する研究に快く参加させて頂いた名古屋大学医学部助教授宮尾克博士に深謝します。

本研究の個々の実験、計算に協力され有益な討論を重ねて頂いた京都工芸

繊維大学の大学院および学部卒業生の諸氏に厚くお礼申し上げます。また、実験の被験者となって頂いた多くの方々に厚く感謝します。

参考文献

- 1) O. Östberg : CRTs Pose Health Problems for Operators, Int.J.Occup. Health and Safety, pp.24-52 (1975,Nov./Dec.)
- 2) E.Grandjean and E.Vigriani (Ed.) : Ergonomic Aspects of VDTs, Taylor and Francis (1980)
- 3) National Research Council : Video Display s,Work and Vision, Report of the Panel on Impact of Video Viewing on Vision of Workers, NAP, Washington DC (1981)
- 4) M.J.Dianoff : Occupational Stress Factors in VDTs Operations: A Review of Empirical Research, Behaviour and Information Technology, Vol.1, pp. 141-176 (1982)
- 5) M.G.Helander, P.A.Billingslay and J.M.Schurick : An Evaluation of Human Factors Research on Video Display Terminals in the Work Place, Human Factors Review, Vol.1, pp.55-129 (1984)
- 6) E.Grandjean (Eds.) : Ergonomics in Computerized Offices, Taylor & Francis, (1987), 西山, 中迫 (訳) : コンピュータ化オフィスの人間工学, 啓学出版 (1989)
- 7) 長田公平, 古橋康一 : はじめて明らかになったディスプレイ端末ユーザの健康障害, 日経コンピュータ, No.42, pp.57-77 (1983)
- 8) 細川, 中迫, 西山, 田井中 : V D T労働入門, 労働基準調査会(1984)
- 9) 西山, 中迫, 細川 : スーパーマーケットにおける労働とその健康への影響 (第1報) 金銭登録機取扱い作業者の労働実態と労働負担, 産業医学, Vol.15, No.3, pp.229-243 (1973)
- 10) 中迫, 西山, 細川 : レジ作業者の労働負担軽減対策とその問題点, 1. 機械式金銭登録と電子式金銭登録機との比較を中心として, 産業医学, Vol.17, No.3, pp.168-169 (1975)
- 11) 荻野ほか : Televisionの人体への影響とその予防法の研究, 臨床眼科, Vol.13, No.2, pp.229-235 (1959)
- 12) L.Ghiringhelli : Collection of Subjective Opinions on use of VDUs, In E. Grandjean and E.Vigriani (Ed), Ergonomic Aspects of VDT, Taylor and Francis, pp.227-231 (1980)
- 13) M.Haider,M.Kundi and M.Weissenbock : Worker strain related to VDUs with differently colored characters, In E.Grandjean and E.Vigliani (ed.), Ergonomic aspects of Visual Display Terminals, Taylor and Francis, pp. 53-64 (1980)
- 14) 小嶋, 石川, 青木, 岸田, 伊東 : V D T作業における近見反応, 日本の眼科, Vol. 59, No.8, pp.859-862 (1988)
- 15) J.B.Coe,K.Cuttle,W.C.McClellon,N.J.Warden and P.J.Turner : Visual Display Units. Report W/J/80, New Zealand Department of Health, Wellington (1980)
- 16) 杉田, 箕輪, 石井, 後藤 : Factors affecting subjective symptoms of VDT workers, Jpn.J.Ind.Health, Vol.28, No.6, pp.409-419 (1986)
- 17) 島井, 岩崎, 高橋, 成田, 鈴木 : V D T作業者の自覚症状と経験年数の関係, 産業医学, Vol.28, pp.87-95 (1986)
- 18) M.J.Smih,B.G.F.Cohen,L.W.Stammerjohn and A.Happ : An Investigation of Health Complaints and Job Stress in Video Display Operations, HumanFactors, Vol.23, pp.387-400 (1981)
- 19) T.Stewart : Problems Caused by the Continuous Use of Visual Display Units, Lighting Research and Technology, Vol.12, No.1, pp.26-36 (1980)
- 20) J.Voke : Eyes Right,British Printer, pp.27-28 (1980)
- 21) 森本一成 : 90年代のV D T健康障害 : R S IとE L F波バイオエフェクト, 京都工芸繊維大学情報処理センター公報, No.9, pp.23-27 (1990)
- 22) WHO : Visual Display Terminals and Worker's Health, WHO offset Publication No.99 (1987)
- 23) The human factor society, Inc. : American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, ANSI/HFS Standard No.100-1988, The human factor society, Inc. (1988)
- 24) Knave,B.G.et al. : Work at display terminals. An epidemiological health investigation of office employees. I. Subjective symptoms and discomforts, Scandinavian J. of work Environment & Health, 11, pp.457-466 (1985)
- 25) 松井, 堀越, 遠藤, 宮西 : V D T作業者の自覚症状得点に及ぼす各種要

因の影響, 新潟医学雑誌, Vol.100, No.8, pp.467-474 (1986)

- 26) 北山, 市川, 西村, 斎藤: 著しい目の疲れを訴えたVDT作業者の一例, 第59回日本産業衛生学会講演集, P.329 (1986)
- 27) Shurtleff, D.A.: How to Make Displays Legible, La Mirada, CA: Human Interface design (1980)
- 28) 日本照明委員会: VDUの視覚的要件とワークステーションの照明要件, 日本照明委員会 (1985)
- 29) A.Cakir, H.J.Reuter, L.Von Schmude and A.Armbruster: Untersuchungen zur Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die Physische und psychische Funktionsweise des Menschen (Research into the Effects of Video Display Workplaces on the Physical and Psychological Function of Persons.), Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, West Germany (1987)
- 30) B.A.Rupp and C.Clauer: Pupillary Responses as a Source of Stress During Display Viewing, In Proceedings of the IX International Ergophthalmological Symposium (1982)
- 31) H.T.Zwahlen: Pupillary Responses When Viewing Designated Locations in a VDT Workstation, In E.Grandjean (eds.), Ergonomics and health in modern offices, Taylor & Francis, pp.339-345 (1984)
- 32) 中迫勝: コンピュータ対面作業, 産業疲労ハンドブック, 日本産業衛生学会産業疲労研究会編, 労働基準調査会, pp.337-352 (1988)
- 33) Grandjean, E., Hunting, W., & Piederman, M.: A field study of preferred sitting of an adjustable VDT workstation and their effects on body postures and subjective feelings, Human Factors, 25, pp.161-175 (1983)
- 34) Nakaseko, M., Grandjean, E., Hunting, W., & Gierer, R.: Studies on ergonomically designed alphanumeric keyboard, Human Factors, 25, pp.175-188 (1985)
- 35) H.Tamura: Accommodation Fatigue and Spectral Spread of Phosphor Light, Euro display, pp.117-120 (1984)
- 36) 永井, 島, 板谷: 試作調節時間測定装置の改良, 第5回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.169-174 (1989)
- 37) 栗本, 岩崎: VDT作業による眼精疲労に対するメチルコバラミンの効果, 日本眼科紀要, Vol.34, pp.1429-1432 (1983)
- 38) 岩崎, 栗本, 大久保, 野呂, 山本: VDT作業による眼精疲労について, 臨床眼科, Vol.38, pp.483-487 (1984)
- 39) T.Takeda, Y.Fukui and T.Iida: Basic Characteristics of Three Dimensional Optometer, 日本眼科学会誌, Vol.8, No.1, pp.80-88 (1987)
- 40) W.J.Kratz: Visual Strain During VDU Work: The Effect of Viewing Distance and Dark Focus, Ergonomics, Vol.31, No.10, pp.1449-1465 (1988)
- 41) 高橋誠: CRTディスプレイ観察時の目の調節機能-レーザーオプトメータによる測定-, 労働科学, Vol.59, pp.345-561 (1986)
- 42) 鶴飼, 石川, 市橋, 幡田: Dark focus of accommodationの測定, 日本眼科学会誌, Vol.8, pp.61-65 (1986)
- 43) 飯田, 武田: 三次元オプトメータによる調節安静位の測定, 日本人間工学会第28回大会講演集, Vol.23, pp.40-41 (1987)
- 44) 石川, 青木: VDTとくに作業者の調節および瞳孔所見について, 日本の眼科, Vol.58, No.9, pp.840-844 (1987)
- 45) S.Taptagaporn: How Display Polarity and Lighting Conditions Affect the Pupil Size of VDT Operators, Ergonomics, Vol.33, No.2, pp.201-208 (1990)
- 46) 岩崎, 栗本, 大久保, 野呂, 山本: VDT作業が輻輳機能へ与える影響-ジャンプ法を用いた眼球のよせ運動について-, 日本災害医学会会誌, Vol.32, No.12, pp.850-853 (1984)
- 47) 苧阪直行: VDTの表示色, 視野, および明暗順応と眼精疲労の関係について, 日本人間工学会誌, Vol.21, No.2, pp.89-95 (1985)
- 48) 大平明彦: VDT作業における眼精疲労と中心フリッカー値, 日本の眼科, Vol.57, No.12, pp.1318-1319 (1986)
- 49) 斎藤進: 眼球運動と注視点分布特性の定量化, 日本人間工学会第27回大会講演集, Vol.22, pp.110-111 (1986)
- 50) 斎藤進: 眼球運動にみられる疲労特性とVDT労働, 第60回日本産業衛生学会講演集, p.106 (1987)
- 51) 斎藤進: 眼球運動の生理的限界とVDT作業の定量化, 日本の眼科, Vol.59, No.8, pp.867-869 (1988)

- 52) 鈴村昭弘：V D T作業の疲労を防ぐ，臨床症状と健康管理，労働衛生，Vol.26, No.3, pp.50-52 (1985)
- 53) 渥美，鈴村，水谷，辻中：Video display terminal使用による視機能への影響，臨床眼科，Vol.40, No.9, pp.1027-1031 (1986)
- 54) 谷島，新家：V D T作業の健常人眼圧に及ぼす影響，日本の眼科，Vol. 59, No.8, pp.841-842 (1988)
- 55) 渥美，西田：V D T作業による角膜表面温度の影響，日本の眼科，Vol. 59, No.8, pp.847-848 (1988)
- 56) 岩崎，栗本：視覚負担に伴う眼疲労と調節，視覚誘発電位にみられる関係について，日眼会誌，Vol.90, No.10, pp.16-21 (1986)
- 57) Gulmann, N.C. et al.: Visual Evoked Potential in Patients with Cerebral Asthenopia, Acta Neurol. Scand. Vol.59, pp.324-330 (1978)
- 58) Regan, D. and Neima, D.: Visual Fatigue and Visual Evoked Potentials in Multiple Sclerosis, Glaucoma, Ocular Hyper Tension and Parkinsons Disease, J. Neurology and Psychiatry, Vol.47, pp.673-678 (1984)
- 59) 小谷，堀井，友田：単眼，両眼視によるキーボード作業時の脳波トポグラムの相違点，Human Interface N&R, Vol.3, No.1, pp.35-40 (1988)
- 60) 伊東，円川，秋庭：視覚認知作業におけるチャンネルキャパシティの減衰に基づいた精神疲労測定方法，Vol.25, No.2, pp.87-100 (1989)
- 61) E.Simonson and N.Enzer: Measurements of Fusion Frequency of Flicker as a test for Fatigue of the Central Nervous System, J. Industrial Hygiene and Toxicology, Vol.23, No.2, pp.83-89 (1941)
- 62) E.Simonson and J.Brozek: Fricker Fusion Frequency, Background and Applications, Physiological Reviews, Vol.32, No.3, pp.349-378 (1952)
- 63) 日本産業衛生協会産業疲労委員会：セクター式フリッカー値測定装置規格（案），労働の科学，Vol.29, No.5, pp.305-360 (1953)
- 64) 橋本邦衛：Flicker値の生理学的意味と測定上の諸問題—Flicker Testの理論と実際—，産業医学，Vol.5, No.9, pp.563-576 (1963)
- 65) 鎧沢，井上：ドット文字表示におけるドット密度と読み易さの関係，テレビジョン学会技術報告，Vol.6, No.29, pp.69-74 (1982)

- 66) 小川ほか：主観評価実験により求めたC R T漢字表示装置への文字表示条件，テレビジョン学会誌，Vol.32, No.1, pp.40-45 (1978)
- 67) E.Grandjean (Eds.): Ergonomics and Health in Modern Offices, Taylor & Francis, pp. 316-321 (1984)
- 68) 吉武，岩永：V D T作業時の生理負担に及ぼす文字輝度の影響，日本人間工学会誌，Vol.22, No.1, pp.19-26 (1986)
- 69) 菰池義彦：O A企業における作業管理と健康管理，エス・ディ・シー社編，オフィスのインテリジェント化と労働環境対策，pp.131-156 (1984)
- 70) G.W.Radl: Experimental Investigation for Optimal Presentation-Mode and colours of symbolson the CRT-Screen, In E.Grandjean and E.Vigriani (Ed.), Ergonomic Aspects of VDTs, Taylor and Francis, pp.127-135 (1980)
- 71) 鎧沢，井上：文字画像における配色と見やすさの関係，テレビ学技報，VVI59-5, pp.25-30 (1983)
- 72) 窪田，大倉，高橋，飯田，西岡：C R Tディスプレイの文字色と視覚パフォーマンス，労働科学，Vol.60, No.8, pp.357-363 (1984)
- 73) 栗田，網島，秀島，瀬戸：C R T日本語表示における文字色，背景色の読みやすさへの影響，第2回色彩工学コンファレンス論文集，pp.151-154 (1985)
- 74) 吉田ほか：文字放送画像の好ましい配色，テレビジョン学会誌，Vol. 40, No.8, pp.758-765 (1986)
- 75) D. Bauer and C.R.Cavonius: Improving thr Legibility of Visual Display Units through Contrast Renersal, In E.Granjean and E.Vigriani (Ed.), Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, Taylor and Francis, pp. 137-142 (1982)
- 76) D.Bauer: Improving VDT Workplaces in Offices by Use of a Physiologically Optimised Screen with Black Symbols on a Light Background: Basic Considerations, Behaviour and Information Technology, Vol.3, No.4, pp.363-369 (1984)
- 77) 金谷末子：V D T作業のための照明環境の評価，照明学会全国大会，pp. 126-129 (1985)
- 78) 窪田，大倉：C R Tディスプレイの表示モードおよび適正コントラストに関する実験的研究，テレビジョン学会誌，Vol.40, No.12, pp.1245-

- 79) D.A.Norman and S.W.Draper (Ed.): User Centered Sysytem Design, Laurence Erlbaum Associates,Hillsdale (1986)
- 80) R.Guindon (Eds.): Cognitive Science and Its Applications for Human-Computer Interaction, Laurence Erlbaum Associates,Hillsdale (1988)
- 81) O.Östberg: Accommodation and Visual Fatigue in Display Work, In E. Grandjean and E.Vigriani (Ed.), Ergonomic Aspects of VDTs, Taylor andFrancis, pp.41-52 (1980)
- 82) 安田, 長谷川, 福田, 吉田, 長田: 文字画像の提示条件と目の疲労 (その1) -疲労の測度についての検討-, テレビジョン学会全国大会, pp.11-12 (1983)
- 83) 武田, 福井, 飯田: V D T作業による調節機能変化の他覚的測定法, テレビジョン学会技術報告, Vol.8, No.36, pp.37-42 (1984)
- 84) 江森, 木村: C R T画面による視覚疲労の定量化, テレビジョン学会技術報告, Vol.8, No.19, pp.15-20 (1984)
- 85) S.Gyr ,K.Nishiyama,R.Gierer,T.Laubli and E.Grandjean : In E.Grandjean (eds.), Ergonomics and Health in Modern Offices, Taylor and Francis, pp.359-363 (1984)
- 86) 岩崎, 秋谷: C R T画面上での視覚作業にみられるC F F値の変化とその生理的意味, 日本人間工学会誌, Vol.26, No.4, pp.181-184 (1990)
- 87) 西村, 森本: 視覚疲労推定のためのC F Fの測定法の検討, テレビジョン学会誌, Vol.39, No.8, pp.726-730 (1985)
- 88) 西村, 森本: 精神疲労推定のためのC F Fの測定方法と条件の検討, 日本人間工学会誌, Vol.22, No.4, pp.203-210 (1986)
- 89) 森本一成: V D T作業疲労とC F F, V D T労働と健康, V D T労働研究会編, 労働基準調査会, pp.143-148 (1988)
- 90) J.P.Guilford, 秋重義治監訳: 精神測定法, pp.108-188, 培風館 (1968)
- 91) 大島正光: せん光融合閾 (ちらつき値) 測定法についての吟味, 労働科学, Vol.26, No.3, pp.115-120 (1950)
- 92) 日本産業衛生協会疲労委員会: 産業疲労検査の方法, 労働の科学, Vol.7, No.6, pp.1-11 9 (1952)

- 93) 労働科学研究所編: 労働衛生ハンドブック, pp.540-542, 労働科学研究所 (1970)
- 94) 日本産業衛生協会産業疲労委員会: セクター式フリッカー値測定装置規格 (案), 労働の科学, Vol.29, No.5, pp.305-360 (1953)
- 95) C.Sherrinton: On Binocular Flicker and the Correlation of Activity of "Corresponding" Retinal Points, Brit.J.Psychol., Vol.1, pp.26-60 (1904)
- 96) F.H.Ireland: A Comparision of Critical Flicker Frequencies under Conditions of Monocular and Binocular Stimulation, J.Exp.Psychol., Vol.40, pp.282-286 (1950)
- 97) F.H.Perrin: A Study in Binocular Flicker, J.O.S.A., Vol.44, No.1, pp.60-69 (1954)
- 98) 大島正光: Fliker Test結果の判定の仕方 (I), 労働科学, Vol.35, No.5, pp.423-426 (1959)
- 99) 小木和孝: やさしい疲労判定法, 労働の科学, Vol.17, No.4, pp.48-54 (1962)
- 100) 西村, 森本, 岸本, 新居: V D T作業による疲労の主観評価値と客観的評価値との相関, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.12, pp.1239-1244 (1986)
- 101) 堀江: V D T作業における一連続作業時間と休憩に関する研究, 日本人間工学会誌, Vol.23, No.6, pp.373-383 (1987)
- 102) Synder,H.L. and Taylor,G.B.: The sensibility of response measures of alphanumeric legibility to variations in dot-matrix display parameters, Human Factors, 21, pp.457-471 (1979)
- 103) 伊東謙治: 文字認知過程における視覚的特徴抽出に関する共通子, 日本人間工学会誌, Vol.23, No.3, pp.145-154 (1987)
- 104) 西村, 森本: C R T日本語表示の読取り速さと疲労, テレビジョン学会誌, Vol.37, No. 9, pp.730-735 (1983)
- 105) 柿崎, 牧野編: 心理学 1 知覚・認知, 有斐閣双書, pp.43-62(1976)
- 106) S.T.David: Applying Visual Psychophysics to User Interface Design, Behaviour & Information Technology, Vol.9, No.5, pp.425-438 (1990)

- 107) 森本, 西村, 新居: V D T画面の表示モードに対する好みと疲労, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.11, pp.1133-1139 (1986)
- 108) 青木和夫: V D T画面の輝度と室内照明の関係に関する研究, 日本人間工学会誌, Vol.21, 特別号, pp.88-89 (1985)
- 109) 窪田悟: C R Tディスプレイの人間工学的設計指針の研究, 日本人間工学会誌, Vol. 26, No.6, pp.337-344 (1990)
- 110) M. Bruce and J. J. Foster: The Visibility of Colored Characters on Colored Backgrounds in Viewdata Displays, Visible Language, Vol.16, No.4, pp.382-390 (1982)
- 111) 吉田ほか: 文字放送画像の好ましい配色, テレビジョン学会誌, Vol. 40, No.8, pp.758-765 (1986)
- 112) J.P.Guilford, 秋重義治鑑訳: 精神測定法, 培風館, pp.189-218 (1968)
- 113) 西村, 森本, 岸本: V D T表示色の印象と好ましさの心理要因析, テレビジョン学会誌, Vol.42, No.12, pp.1358-1363 (1988)
- 114) 武市, 佐川, 荒井: V D T画面の色の心理評価, テレビジョン学会技術報告, VVI-70-1, pp.1-6 (1985)
- 115) C. E. Osgood et al.: The Measurement of Meaning, University of Illinois Press, Fourth printing of the paperback edition (1987)
- 116) 芝 祐順: 因子分析法, 東京大学出版会, pp.80-115 (1972)
- 117) 武市啓司郎: S D法によるV D T画面の評価, 信学技報, Vol.87, No. 160, pp.9-12 (1987)
- 118) F.W.Campbell and K.Durden: The Visual Display Terminal Issue: A consideration of Its Physiological, Psychological and Crinical Background, Ophthal. Physiol.Opt., Vol.3, No.2, pp.175-192 (1983)
- 119) 田村, 竹松: 文章作成器の特性の異機種間での比較法, 第9会V D T労働研究会資料, pp.1-8 (1983)
- 120) E.Granjean (Eds.): Ergonomics and Health in Modern Offices, Taylor & Fancis, pp.405-409 (1984)
- 121) T.Berns and V.Herring: Ergonomics International '85, Taylor and Francis, pp.145-147 (1985)

- 122) D.Bauer et al.: Influence of VDU Screen Brightness on the Visibility of Reflected Images, Displays, Apr., pp.242-244 (1981)
- 123) E.van der Zee and A.W.van der Meulen: The Influence of Field Repetition Frequency on the Visibility of Flicker on Displays, IPO Annual Progress Report, Vol.17, pp.76-83 (1982)
- 124) D.Bauer et al.: Frame Repetition Rate for Flicker-free Viewing of Bright VDU Screens, Displays, Jan., pp.31-33 (1983)
- 125) 大竹ほか: C R Tディスプレイの画面がちらつきを生じないフレーム周波数の検討, 第16回画像工学コンファレンス論文集, pp.81-82(1985)
- 126) 升田, 杉浦, 木村: データディスプレイ管のエルゴノミクスの察, テレビジョン学会技術報告, Vol.9, No.6, pp.41-46(1985)
- 127) 西村, 森本, 新居, 岸本, 吉川: V D T陽画表示画面の好ましい白背景色, テレビジョン学会誌, Vol.42, No.12, pp.1351-1357 (1988)
- 128) 池田光男: 色彩工学の基礎, 朝倉書店, pp.54-91 (1980)
- 129) 西村, 森本: V D T表示色の印象, 作業疲労および作業能率による最適表示色の検討, テレビジョン学会誌, Vol.43, No.7, pp.707-713 (1989)
- 130) 武田, 福井, 飯田: V D T作業に起因する調節残効特性の他覚的測定法と表示色評価への応用, 日本人間工学会誌, Vol.22, No.1, pp.9-17 (1986)

論文, 研究会・学会発表, 著書リスト

論文

- 1) 西村, 森本: C R T 日本語表示の読取り速さと疲労, テレビジョン学会誌, Vol.37, No.9, pp.730-735 (1983)
- 2) 西村, 森本: 視覚疲労推定のための C F F の測定法の検討, テレビジョン学会誌, Vol.39, No.8, pp.726-730 (1985)
- 3) 西村, 森本: 精神疲労推定のための C F F の測定方法と条件の検討, 日本人間工学会誌, Vol.22, No.4, pp.203-210 (1986)
- 4) 西村, 森本, 岸本, 新居: V D T 作業による疲労の主観評価値と客観的評価値との相関, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.12, pp.1239-1244 (1986)
- 5) 森本, 西村, 新居: V D T 画面の表示モードに対する好みと疲労, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.11, pp.1133-1139 (1986)
- 6) 西村, 森本, 岸本: V D T 表示色の印象と好ましさの心理要因分析, テレビジョン学会誌, Vol.42, No.12, pp.1358-1363 (1988)
- 7) 西村, 森本, 新居, 岸本, 吉川: V D T 陽画表示画面の好ましい白背景色, テレビジョン学会誌, Vol.42, No.12, pp.1351-1357 (1988)
- 8) 西村, 森本: V D T 表示色の印象, 作業疲労および作業能率による最適表示色の検討, テレビジョン学会誌, Vol.43, No.7, pp.707-713 (1989)
- 9) K.Morimoto, M.Nakaseko, H.Tainaka, K.Nishiyama: An investigation on evaluations of user interface software in VDT works, Abstract of Work With Display Units '92, P-19 (1992)
- 10) M.Nakaseko, K.Morimoto, H.Tainaka, K.Nishiyama: An image analyzing approach to working postures for screen and keyboard use of Visual Display Units, Work With Display Units 92, Elsevier Science Pub., 235-239 (1993)

研究会

- 1) 西村, 森本: カラー C R T 表示文字の可読性, テレビジョン学会技術報告, VVI35-1, pp.1-6 (1980)

- 2) 西村, 森本: C R T 日本語表示の読取り速さと疲労, テレビジョン学会技術報告, VVI53-2, pp.63-68 (1982)
- 3) 西村, 森本: 視覚疲労推定のための C F F の測定方法と条件, 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.215-220 (1985)
- 4) 西村, 森本, 新居: V D T 画面の表示モードと視覚疲労, 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, pp.235-238 (1985)
- 5) 西村, 森本, 岸本, 新居: V D T 作業疲労の主観評価と客観評価, テレビジョン学会技術報告, VVI77-2, pp.7-12 (1986)
- 6) 西村, 森本, 岸本, 新居: V D T 作業疲労の主観評価値と客観的評価値の相関, 第2回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.145-150 (1986)
- 7) 森本, 西村, 新居: V D T 画面の表示モードの違いと視覚疲労, 通信学会技術報告, IE85-106, pp.19-24 (1986)
- 8) 西村, 森本, 岸本: V D T 画面色の好ましさの心理要因分析, 第3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.195-198 (1987)
- 9) 西村, 森本, 岸本: V D T 表示色の好ましさに関する総合的考察, テレビジョン学会技術報告, Vol.12, No.24, pp.69-74 (1988)

学会発表

- 1) 西村, 森本: C R T ディスプレイにおける漢字表示の有用性, テレビジョン学会全国大会, pp.11-12 (1982)
- 2) 西村, 森本: C R T による日本語表示文字の可読性と読取りに伴う疲労に関する検討, テレビジョン学会全国大会, pp.369-370 (1984)
- 3) 西村, 森本: C R T 観視作業による視覚疲労の測定法の検討, テレビジョン学会全国大会, pp.11-12 (1984)
- 4) 西村, 森本: C R T 観視作業による視覚疲労の測定法, 照明学会全国大会, p.87 (1984)
- 5) 西村, 森本: 視覚疲労推定のための C F F の測定条件の検討, テレビジョン学会全国大会, pp.11-12 (1985)
- 6) 西村, 森本: V D U 作業による視覚疲労の測定—単眼 C F F と両眼 C F F—, 日本人間工学会誌, Vol.21, 特別号, pp.94-95 (1985)

- 7) 西村, 森本, 新居, 岸本: V D T作業による疲労と回復, テレビジョン学会全国大会, pp.15-16 (1986)
- 8) 森本, 西村, 新居: 色残像持続時間とV D T画面の輝度と色, 照明学会全国大会, p.88 (1986)
- 9) 西村, 森本, 新居: V D T画面の好ましい文字色と背景色, 日本人間工学会誌, Vol.22, 特別号, pp.120-121 (1986)
- 10) 西村, 森本, 岸本, 新居: V D T作業疲労の主観評価と客観的測定値との相関, テレビジョン学会全国大会, pp.13-14 (1986)
- 11) 西村, 森本, 新居, 岸本, 吉川: V D T作業による好ましい背景色の変化, テレビジョン学会全国大会, pp.1-2 (1987)
- 12) 森本, 西村, 新居, 岸本: V D T画面の好ましい背景色, 照明学会全国大会, p.76 (1987)
- 13) 西村, 森本, 岸本: V D T表示色の好みの解析, 電気関係学会関西支部連合会, S12-5, S80 (1988)
- 14) 西村, 森本, 岸本: V D T表示色の印象と作業疲労, 日本人間工学誌, Vol.24, 特別号, pp.188-189 (1988)
- 15) 西村, 森本, 岸本: V D T表示色の印象, 作業疲労および作業能率の相互依存性, テレビジョン学会全国大会, pp.11-12 (1988)
- 16) 中迫, 森本, 西山, 田井中: 画像解析によるディスプレイの反射グレアの評価, 第64回日本産業衛生学会, p.352 (1991)
- 17) 中迫, 森本, 西山, 田井中: 画像解析を利用したV D T作業者の作業姿勢の計測, 第65回日本産業衛生学会, p.445 (1992)
- 18) 田井中, 森本, 西山, 中迫: 利用者インタフェースの評価(その2), 第65回日本産業衛生学会, p.448 (1992)

著書, その他

- 1) 森本一成: V D T作業疲労とC F F, V D T労働と健康, V D T労働研究会編, 労働基準調査会, pp.143-148 (1988)
- 2) 森本一成: 90年代のV D T健康障害: R S IとE L F波バイオエフェクト, 京都工芸繊維大学情報処理センター公報, No.9, pp.23-27 (1990)
- 3) 田井中, 森本, 西山, 中迫: 利用者インタフェースの評価-質問紙調査に

みる使いやすさの問題点と改善の方向-, 大阪府公衛研所報, Vol.30, pp.47-55 (1992)